



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería Industrial

Unidad de Posgrado

**Propuesta de mejora de los procesos productivos en  
una fábrica de tubos plásticos en Arequipa - Perú  
aplicando la metodología Lean Manufacturing**

**TESIS**

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ingeniería  
Industrial con Mención en Gestión Industrial

**AUTOR**

Heriberto REYES PERFECTO

**ASESOR**

Mg. Carlos Augusto SHIGYO ORTIZ

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Reyes, H. (2021). Propuesta de mejora de los procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa - Perú aplicando la metodología Lean Manufacturing. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

### Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	HERIBERTO REYES PERFECTO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10117750
URL de ORCID	“ _ ”
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	CARLOS AUGUSTO SHIGYO ORTIZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06701516
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-2355-7584">https://orcid.org/0000-0003-2355-7584</a>
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	JULIO ALBERTO REYNA RAMOS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06157082
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	JORGE JOSÉ ESPONDA VÉLIZ
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07673952
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JORGE ORTIZ PORRAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09635183
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	JUAN MANUEL RIVERA POMA
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	06726391
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	No aplica.
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Perú-Arequipa-Arequipa Cerro Colorado, Arequipa, Perú <b>Latitud:</b> -16.30447   <b>Longitud:</b> -71.5766
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2019 y 2020
URL de disciplinas OCDE	<b>Ingeniería industrial</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.00</a>



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
MAYOR DE SAN MARCOS**

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

**UNIDAD DE POSGRADO**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N° 01-UPG-FII-2021**

**SUSTENTACIÓN DE TESIS VIRTUAL PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO  
DE MAGISTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN GESTIÓN  
INDUSTRIAL**

En la ciudad de Lima, del día 18 del mes de enero del dos mil veintiuno, siendo las veintiún horas, de forma virtual se instaló el Jurado Examinador para la Sustentación de la Tesis titulada: **“PROPUESTA DE MEJORA DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN UNA FÁBRICA DE TUBOS PLÁSTICOS EN AREQUIPA - PERÚ APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING.”**, para optar el Grado Académico de Magíster en Ingeniería Industrial con mención en Gestión Industrial.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas del Jurado Examinador se procedió a la calificación individual y secreta, habiendo sido **APROBADO POR UNANIMIDAD** con la calificación de **17 (DIECISIETE) MUY BUENO**.

El Jurado recomienda que la Facultad acuerde el otorgamiento del Grado Académico de Magíster en Ingeniería Industrial con mención en Gestión Industrial, al **Bach. REYES PERFECTO HERIBERTO**.

En señal de conformidad, siendo las veintitrés horas se suscribe la presente acta en cuatro ejemplares, dándose por concluido el acto.

**Mg. REYNA RAMOS JULIO ALBERTO**  
*Presidente*

**Mg. ESPONDA VÉLIZ JORGE JOSÉ**  
*Miembro*

**Mg. ORTIZ PORRAS, JORGE**  
*Miembro*

**Dr. RIVERA POMA JUAN MANUEL**  
*Miembro*

**Mg. SHIGYO ORTIZ CARLOS AUGUSTO**  
*Asesor*



**UNMSM**

Firmado digitalmente por REYNA  
RAMOS Julio Alberto FAU  
20148092282 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 19.01.2021 13:44:18 -05:00



**UNMSM**

Firmado digitalmente por ESPONDA  
VELIZ Jorge Jose FAU 20148092282  
soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 22.01.2021 11:29:48 -05:00

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis a mi madre, Antolina Perfecto Avila, por su fortaleza y coraje de mujer andina.

Dedico mi tesis a mis hijas Yadira y Micaela, por la felicidad que me dan con sus miradas e inquietudes.

Dedico mi tesis a mis hermanos Aníbal, Susana y David, por estar siempre.

Dedico mi tesis a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por acogerme y cobijarme para hacer realidad mis sueños juveniles.

Dedico mi tesis a mis profesores de la facultad de Ingeniería Industrial.

Dedico mi tesis a Heriberto Reyes Perfecto, por su insistencia, perseverancia y esfuerzo por realizar sus sueños académicos en medio de emergencias globales.

## AGRADECIMIENTOS

- A mi querida familia, Elizabeth, Aníbal, Susana, David, Engel, Ronald, Catherine, Leonela, Blanca, Sebastian, Ander, Cielo, Estrella, Ivanna, Adriano, Luciana, Cristel, Saraid, Matías e Isaac. Por ser motivación para la realización del presente trabajo.
- Al Mg. Carlos Augusto Shigyo Ortiz, por su apoyo como asesor de mi tesis.
- A mis compañeros y amigos: Julio Torpoco, Julian Ramirez, Juan Peña, Alan Yacsavilca, Simón Perez, Cesar Tafur, Walter Andia, Ricardo Castañeda, Carlos Mamani, Miguel Domínguez, Dennis Valdés, Willy Calcina, Cesar Loayza, Christian Manrique, Adolfo Lamas, Dante Estrada, Norman Zamora, Marco Ríos, Marco Escalante, Octavio Ríos, Carlos Salsavilca, Gustavo Mamani y a los que nos están con nosotros: Adelmo Avalos y Carlos Maxera. Por su compañerismo en momentos difíciles.



## INDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCION.....	14
1.1 Situación Problemática.....	14
1.2 Formulación del Problema.....	15
1.2.1 <i>Problema General</i> .....	15
1.2.2 <i>Problemas específico</i> .....	15
1.3 Justificación de la investigación .....	16
1.4 Objetivo de la Investigación .....	17
1.4.1 <i>Objetivo General</i> .....	17
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	17
CAPÍTULO II MARCO TEORICO.....	18
2.1 Antecedentes del Problema.....	18
2.2 Bases Teóricas.....	22
2.2.1 <i>Indicadores de Impacto en la productividad</i> .....	22
2.2.2 <i>Lean Manufacturing</i> .....	24
2.2.3 <i>Estructura Lean Manufacturing</i> .....	25
2.3 Marco Conceptual.....	27
2.3.1 <i>Optimización de costos de muestreo</i> .....	27
2.3.2 <i>Transferencia de operación de manufactura</i> .....	27
2.3.3 <i>Cultura</i> .....	28
2.3.4 <i>Enfoque de estabilidad y enfoque de cambio</i> .....	28
III HIPOTESIS Y VARIABLES .....	29
3.1 Hipótesis general .....	29
3.2 Hipótesis específica .....	29
3.3 Identificación de variables .....	30
3.3.1 <i>Variable independiente</i> .....	30

<b>3.3.2 Variable dependiente</b> .....	30
<b>3.4 Operacionalización de variables</b> .....	30
<b>3.5 Matriz de consistencia</b> .....	32
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA.....	34
<b>4.1 Tipo y Diseño de investigación</b> .....	34
<b>4.2 Unidad de análisis</b> .....	34
<b>4.3 Población de estudio</b> .....	35
<b>4.4 Tamaño de muestra</b> .....	35
<b>4.5 Selección de muestra</b> .....	35
<b>4.6 Técnicas de recolección de datos</b> .....	36
CAPÍTULO V LA EMPRESA Y EL PROCESO .....	37
<b>5.1 La Empresa</b> .....	37
5.1.1 Ubicación.....	37
5.1.2 Localización Geográfica.....	37
5.1.3 Superficie.....	38
5.1.4 Vías de Acceso .....	38
5.1.5 Visión .....	41
5.1.6 Misión.....	41
5.1.7 Valores.....	41
5.1.8 Organización operativa en la fabrica.....	42
<b>5.2 Clasificación de la Empresa</b> .....	43
5.2.1 Clasificación de la empresa por sus operaciones.....	44
5.2.2 Diagrama de entrada y salida del Proceso.....	47
5.2.3 Ubicación de la empresa en la matriz de transformacion .....	47
<b>5.3 Productos de la empresa</b> .....	49
5.3.1 Segmentación de los productos de la empresa.....	50
<b>5.4 Gestión por proceso</b> .....	51

<b>5.4.1 Política Empresarial</b> .....	51
<b>5.4.2 Indicadores de Gestión</b> .....	53
<b>5.5 Descripción de los procesos productivos</b> .....	55
5.5.1 Descripción de los Procesos .....	55
5.5.2 Actividades por equipos de Producción .....	64
5.5.3 Análisis de la frugalización del proceso Extrusión. ....	65
5.5.4 Descripción de producción y servicios auxiliares.....	66
5.5.5 Planeamiento y distribución de la planta .....	68
5.5.6 Planeamiento de la distribución de la planta.....	69
5.5.7 Disposición de la planta .....	69
<b>CAPÍTULO VI DESARROLLO DE LA PROPUESTA</b> .....	73
<b>6.1 Diagnostico del Proceso</b> .....	73
6.1.1 Capacidad Instalada.....	73
6.1.2 Producción Básica .....	74
6.1.3 Scrap .....	77
6.1.4 Disponibilidad .....	82
6.1.5 Rendimiento.....	85
<b>6.2 Aplicación de Metodología 5´s</b> .....	89
6.2.1 Diagnostico de Aplicación de Metodología 5´s.....	92
6.2.2 Planificación de Metodología 5´s .....	93
6.2.3 Secuencia de Aplicación de Metodología 5´s.....	94
6.2.4 Ejecución de Aplicación de Metodología 5´s.....	97
6.2.5 Resultados de Aplicación de Metodología 5´s .....	106
<b>6.3 Aplicación de Mantenimiento Autónomo</b> .....	109
6.3.1 Diagnostico de Aplicación de Mantenimiento Autónomo.....	111
6.3.2 Planificación de Mantenimiento Autónomo .....	111
6.3.3 Secuencia de Aplicación de Mantenimiento Autónomo.....	114

<b>6.3.4 Ejecución de Aplicación de Mantenimiento Autónomo</b> .....	115
<b>6.3.5 Resultados de Aplicación de Mantenimiento Autónomo</b> .....	120
<b>6.4 Aplicación de Equipos Kaizen</b> .....	123
<b>6.4.1 Diagnostico de Aplicación de Equipos Kaizen</b> .....	124
<b>6.4.2 Planificación de Equipos Kaizen</b> .....	125
<b>6.4.3 Secuencia de Aplicación de Equipos Kaizen</b> .....	125
<b>6.4.4 Ejecución de Aplicación de Equipos Kaizen</b> .....	126
<b>6.4.5 Resultados de Aplicación de Equipos Kaizen</b> .....	127
<b>CAPÍTULO VII ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	129
<b>7.1 Análisis de Resultados</b> .....	129
<b>7.2 Análisis Inferencia</b> .....	129
<b>7.2.1 Análisis de la Primera hipótesis específica</b> .....	129
<b>7.2.2 Análisis de la Segunda hipótesis específica</b> .....	133
<b>7.2.3 Análisis de la Tercera hipótesis específica</b> .....	137
<b>7.2.4 Análisis de la Hipótesis General</b> .....	141
<b>CONCLUSIONES</b> .....	147
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	149
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	150
<b>ANEXOS</b> .....	153

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. <b>Principales productos de la empresa</b> .....	49
Cuadro 2. <b>Capacidad de Planta</b> .....	73
Cuadro 3. <b>Resultados de producción 2017</b> .....	74
Cuadro 4. <b>Resultados de producción 2018</b> .....	75
Cuadro 5. <b>Resultados de producción 2019</b> .....	76
Cuadro 6. <b>Resultado comparativo de producción 2017 al 2019</b> .....	77
Cuadro 7. <b>Resultado de Scrap 2017</b> .....	78
Cuadro 8. <b>Resultado de Scrap 2018</b> .....	79
Cuadro 9. <b>Resultado de Scrap 2019</b> .....	80
Cuadro 10. <b>Resultado comparativo de Scrap del 2017 al 2019</b> .....	81
Cuadro 11. <b>Resultado de causales de scrap 2017 al 2019 Línea 1</b> .....	81
Cuadro 12. <b>Resultado de horas de mantenimiento 2017</b> .....	82
Cuadro 13. <b>Resultado de horas de mantenimiento 2018</b> .....	83
Cuadro 14. <b>Resultado de horas de mantenimiento 2019</b> .....	84
Cuadro 15. <b>Resultado comparativo de mantenimiento 2017 al 2019</b> .....	85
Cuadro 16. <b>Resultado de Rendimiento 2017</b> .....	86
Cuadro 17. <b>Resultado de Rendimiento 2018</b> .....	87
Cuadro 18. <b>Resultado de Rendimiento 2019</b> .....	88
Cuadro 19. <b>Resultado comparativo de Rendimiento 2017 al 2019</b> .....	89
Cuadro 20. <b>Plan de implementación Metodología 5's en Línea 1</b> .....	91
Cuadro 21. <b>Estado inicial de metodología 5's en Línea 1</b> .....	92
Cuadro 22. <b>Auditoria inicial de Implementación metodología 5's</b> .....	93
Cuadro 23. <b>Estado final de Implementación metodología 5's</b> .....	107
Cuadro 24. <b>Auditoria final de Implementación metodología 5's</b> .....	107
Cuadro 25. <b>Evaluación de mejora de Scrap Línea 1</b> .....	108
Cuadro 26. <b>Plan de Mantenimiento Autónomo Línea 1</b> .....	113
Cuadro 27. <b>Plan de implementación de Equipos Kaizen Línea 1</b> .....	125
Cuadro 28. <b>Plan de implementación equipos Kaizen Línea 1</b> .....	127
Cuadro 29. <b>Resultado de evento Kaizen 1, en Línea 1</b> .....	127
Cuadro 30. <b>Resultado de evento Kaizen 2, en Línea 1</b> .....	128

Cuadro 31. <b>Resultado de evento Kaizen 3, en Línea 1</b> .....	128
Cuadro 32. <b>Data de scrap para Test de Shapiro-Wilk</b> .....	129
Cuadro 33. <b>Prueba de normalidad Shapiro-Wilk</b> .....	131
Cuadro 34. <b>Prueba t de Student para el scrap</b> .....	132
Cuadro 35. <b>Horas de mantenimiento para Test Shapiro-Wilk</b> .....	133
Cuadro 36. <b>Prueba de normalidad Shapiro-Wilk</b> .....	135
Cuadro 37. <b>Prueba t de Student para la Disponibilidad</b> .....	136
Cuadro 38. <b>Data de rendimientos para Test Shapiro-Wilk</b> .....	137
Cuadro 39. <b>Prueba de normalidad Shapiro-Wilk</b> .....	139
Cuadro 40. <b>Prueba t de Student para el rendimiento</b> .....	140
Cuadro 41. <b>Data de producción para Test Shapiro-Wilk</b> .....	142
Cuadro 42. <b>Prueba de normalidad Shapiro-Wilk a Producción</b> .....	144
Cuadro 43. <b>Prueba t de Student a Producción</b> .....	145

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <b>Diagrama del Modelo Sistémico</b> de Christopher, A., (2010).....	23
Figura 2. <b>Estructura de la filosofía Lean Manufacturing</b> , adaptado de la Casa del sistema de producción Toyota por Hernández y Vizán (2013). .....	26
Figura 3. <b>Ubicación de la planta industrial</b> Data de la empresa .....	38
Figura 4. <b>Imagen Satelital fabrica</b> Tomada SAS PLANET 2020.....	39
Figura 5. <b>Frontis de Fabrica</b> . Elaboración propia .....	40
Figura 6. <b>Vista interna fabrica</b> . Elaboración propia .....	40
Figura 7. <b>Ciclo operativo de la empresa</b> D'Alessio (2012) .....	43
Figura 8. <b>Clasificación por sus operaciones</b> D'Alessio (2012).....	44
Figura 9 <b>Clasificación por Producción</b> D'Alessio (2012) .....	45
Figura 10. <b>Proceso de Producción</b> D'Alessio (2012) .....	46
Figura 11. <b>Diagrama de entrada-proceso-salida</b> D'Alessio (2012).....	47
Figura 12. <b>Matriz de transformación</b> D'Alessio (2012) .....	48
Figura 13. <b>Mapa de procesos</b> Elaboración propia. ....	53
Figura 14. <b>Modelo de Gestión de Indicadores</b> Elaboración Propia.....	54
Figura 15. <b>Proceso de Extrusión PVC</b> . Datos de la empresa.....	56
Figura 16 <b>Flujo del proceso de mezclas</b> . Datos de la empresa.....	57
Figura 17. <b>Extrusora para tubos</b> . Datos de la empresa.....	58
Figura 18. <b>Barriles y Torillos de Extrusora</b> . Datos de la empresa .....	59
Figura 19. <b>Cabezal para extrusión de tubos</b> . Datos de la empresa .....	60
Figura 20. <b>Diagrama de Proceso de extrusión</b> . Elaboración propia .....	64
Figura 21. <b>Frugalización de Extrusión PVC</b> Elaboración Propia .....	66
Figura 22. <b>Layout de la planta industrial</b> Elaboración propia .....	71
Figura 23. <b>Diagrama de Actividades y Procesos</b> Elaboración propia .....	72
Figura 24. <b>Reunión de Capacitación 5's</b> Elaboración propia .....	94
Figura 25. <b>Orden de sacos de cortadora</b> . Elaboración Propia.....	97
Figura 26. <b>Orden de elementos fuera de estándar</b> . Elaboración Propia ...	98
Figura 27. <b>Limpieza de máquina</b> . Elaboración Propia .....	99
Figura 28. <b>Corrección de orden</b> . Elaboración Propia.....	100
Figura 29. <b>Estandarización de tableros</b> . Elaboración Propia .....	101
Figura 30. <b>Señalización</b> . Elaboración Propia.....	102

Figura 31. <b>Estandarización de puesto.</b> Elaboración Propia.....	102
Figura 32. <b>Sostenimiento de estandar.</b> Elaboración Propia .....	103
Figura 33. <b>Mejora de estándar.</b> Elaboración Propia .....	104
Figura 34. <b>Auditoria de moldes.</b> Elaboración Propia .....	104
Figura 35. <b>Tablero de desempeño.</b> Elaboración propia.....	105
Figura 36. <b>Tablero de información.</b> Elaboración Propia.....	106
Figura 37. <b>Tablero de desempeño por áreas.</b> Elaboración Propia .....	106
Figura 38. <b>Reunión diaria.</b> Elaboración Propia .....	109
Figura 39. <b>Pasos del Mantenimiento Autónomo.</b> Elaboración Propia.....	110
Figura 40. <b>Plan de mantenimiento.</b> Elaboración Propia .....	111
Figura 41. <b>Programa de intervención.</b> Elaboración Propia.....	112
Figura 42. <b>Capacitación en Mantenimiento Autónomo.</b> Elaboración Propia .....	115
Figura 43. <b>Limpieza se línea.</b> Elaboración Propia.....	116
Figura 44. <b>Inspección de herramental.</b> Elaboración Propia.....	117
Figura 45. <b>Limpieza de componentes de línea.</b> Elaboración Propia.....	118
Figura 46. <b>Mejoramiento de tarjetas rojas.</b> Elaboración Propia.....	119
Figura 47. <b>Inspección y etiquetado oportunidades.</b> Elaboración Propia.....	119
Figura 48. <b>Comité de Mantenimiento Autónomo.</b> Elaboración Propia .....	120
Figura 49. <b>Tablero de Mantenimiento Autónomo.</b> Elaboración Propia ....	121
Figura 50. <b>Estandarizar herramental para Mantenimiento Autónomo.</b> Elaboración Propia.....	122
Figura 51. <b>Trabajo en Equipo.</b> Elaboración Propia.....	122
Figura 52. <b>Formato A3 de evento Kaizen.</b> Elaboración Propia .....	126
Figura 53. <b>Mejora en Producción.</b> Elaboración Propia .....	133
Figura 54. <b>Mejora en Mantenimiento.</b> Elaboración Propia .....	137
Figura 55. <b>Mejora en Rendimiento.</b> Elaboración Propia.....	141
Figura 56. <b>Producción de Línea 1.</b> Elaboración Propia .....	142
Figura 57. <b>Mejora de Producción.</b> Elaboración propia.....	146



## RESUMEN

La presente tesis propone una mejora de los procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos aplicando la metodología Lean Manufacturing, la empresa tiene como mercado principal al sector construcción. Al iniciar el estudio la fábrica presentaba problemas de scrap, de disponibilidad y de rendimiento.

Se analizo la situación actual de la fábrica y se detectaron los principales problemas proponiendo la aplicación metodológica 5's, Mantenimiento Autónomo y Equipos Kaizen, las mismas que fueron adaptadas a la realidad de la fábrica para demostrar las hipótesis planteadas.

Como resultado de la implementación de la metodología 5's, se logró la reducción del scrap en 43.60%, reducción de los tiempos en la gestión de herramientas, reducción de recorridos al inicio de las corridas de producción. Como resultado del Mantenimiento Autónomo, se logró reducir las horas de mantenimiento en 28.75% y mejorar la disponibilidad de la línea, con la participación de los operadores, realizando la limpieza e inspección orientado a un mantenimiento autogestionado. Logrando reducir las paradas por intervenciones en correctivas técnicas, como consecuencia se incrementó la disponibilidad para producción efectiva. La implementación de equipos Kaizen, logro fortalecer la participación y colaboración de los trabajadores orientados a incrementar la mejora del rendimiento en 4.87%.

La propuesta de mejora de los procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa-Perú aplicando la metodología Lean Manufacturing, permitió la reducción de scrap, reducción de las horas de mantenimiento e incremento el rendimiento expresado en más kilos por hora.

**Palabra Clave:** Lean Manufacturing, Mejora de procesos, Scrap, 5S, Mantenimiento Autónomo, Kaizen.

## SUMMARY

This thesis proposes an improvement in a plastic tube factory applying the Lean Manufacturing methodology, the company's main market is the construction sector. When starting the study, the factory had problems of scrap, availability and redeeming.

The current situation of the factory was analyzed and the main problems were detected proposing methodological application 5's, Autonomous Maintenance and Kaizen Equipment, which were adapted to the reality of the factory to demonstrate the hypotheses raised. As a result of the implementation of methodology 5's, the reduction of scrap was achieved by 43.60%, reduction of times in tool management, reduction of routes at the start of production runs. As a result of Autonomous Maintenance, maintenance hours were reduced by 28.75% and improved line availability, with the participation of operators, carrying out cleaning and inspection oriented to self-managed maintenance, achieving reducing stops for interventions in technical correctives, as a result, availability for effective production was increased. The implementation of Kaizen teams, I manage to strengthen the participation and collaboration of workers oriented to increase performance improvement by 4.87%.

The proposal to improve production processes in a plastic pipe factory in Arequipa-Peru by applying the Lean Manufacturing methodology, allowed for reduced scrap generation, increased availability through reduced maintenance hours and increase the performance expressed by more kilos per hour

**Keywords:** Lean Manufacturing, Improvement, Scrap, 5S, Autonomous Maintenance, kaizen.

## **CAPÍTULO I INTRODUCCION**

### **1.1 Situación Problemática**

Arequipa ocupa el segundo lugar con el mayor número de empresas después de Lima en el Perú. Representa el 5.6% del total de las empresas a nivel nacional. Del total de las empresas en Arequipa el 95.38% son microempresas, 4.06% pequeñas empresas, 0.37% entre medianas y grandes y el 0.19% públicas. Cámara de Comercio e Industria de Arequipa (2019).

El sector de manufactura en el Perú se divide en 9 subsectores industriales, la evolución de la producción manufacturera en los últimos 5 años fue negativa en promedio -0.8%, registrando inestabilidad en su evolución del 2014 al 2017 con un desempeño negativo del -1.7%, en el año 2018 alcanzó un crecimiento de 5.9%. Ministerio de la Producción (2019). Las empresas de fabricación de tubos plásticos pertenecen al subsector manufacturero no primario.

Las empresas de manufactura de Arequipa y del Perú, aplicando la propuesta de mejora de procesos productivos y herramientas como Lean Manufacturing, podrán mejorar su productividad, calidad y rentabilidad. Siendo de interés regional y nacional el incremento de la competitividad productiva.

## **1.2 Formulación del Problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿En qué medida implementado la propuesta de mejora de procesos productivos aplicando herramientas Lean Manufacturing, en una empresa de tubos Plásticos de Arequipa, logrará mejorar el nivel de productividad a un nivel competitivo de categoría mundial?

### **1.2.2 Problemas específico**

Primero: ¿En qué medida la propuesta de implementación de la herramienta Lean Manufacturing, metodología 5's mejora los niveles de merma en las líneas de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa?

Segundo: ¿En qué medida la propuesta de implementación de la herramienta Lean Manufacturing, mantenimiento Autónomo (MA), mejora las horas de disponibilidad de las líneas de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa?

Tercero: ¿En qué medida la implementación de la herramienta Lean Manufacturing, Equipos Kaizen mejora el rendimiento de las líneas de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa?

### 1.3 Justificación de la investigación

Se justifica la investigación por los resultados operativos de productividad de la empresa, reportados en los últimos tres años al 2018. Indicadores de bajo uso capacidad instalada, paradas de máquinas por mantenimiento, bajo rendimiento de las máquinas, alta generación de mermas por calidad, altos costos de transformación y en consecuencia la pérdida de empleo por la falta de competitividad operativa. Por los datos y el análisis de integración de resultados, se orienta el estudio a trabajar en procesos productivos con participación colaborativa del personal que contribuyen a la eficiencia de la empresa.

Si bien es cierto, el disponer de un estudio de mejora de procesos en una fábrica de tubos plásticos da un sentido a replicar en otras fábricas, no muchas empresas en Arequipa y en el Perú tienen disponibilidad, ni la estructura para su aplicación sin embargo fomentar la cultura Lean, productividad, calidad y rentabilidad justifican el presente estudio.

Se justifica el estudio por el desempeño y el impacto significativo del sector manufacturero, con su productividad en el crecimiento del Producto Bruto Interno (PBI). El Perú registro un 3.6% en promedio en los años 2016-2019 muy por debajo del crecimiento del 6.1% de los años 2002 al 2013, uno de los factores estructurales de la baja es la productividad manufacturera. Perea (2020).

El sector industrial contribuye con el 15 % al Producto Bruto Interno (PBI), con 13 % al empleo urbano y con 15 % al empleo en Lima. Ministerio de Trabajo (2020).

## 1.4 Objetivo de la Investigación

### 1.4.1 Objetivo General

Propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing para mejorar el nivel de productividad a un nivel competitivo de categoría mundial.

### 1.4.2 Objetivos específicos

**Primero:** Determinar en qué medida la propuesta de implementación de la herramienta Lean Manufacturing, metodología 5's mejora los niveles de merma de las líneas de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa.

**Segundo:** Determinar en qué medida la propuesta de implementación de la herramienta Lean Manufacturing, Mantenimiento Autónomo (MA), mejora las horas de disponibilidad de las líneas de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa.

**Tercero:** Determinar en qué medida la implementación de la herramienta Lean Manufacturing, Equipos Kaizen mejora el rendimiento de las líneas de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa.

## **CAPÍTULO II MARCO TEORICO**

### **2.1 Antecedentes del Problema**

A continuación, se muestran algunas investigaciones afines que se han considerado como referencia para la presente investigación.

La investigación de Ramos (2018) realizada para el diseño e implementación de un método para la mejora de los procesos operativos de producción y calidad, contribuyendo al desempeño global de la organización. En una empresa de bebidas que elabora el producto bajo la modalidad de franquicia, la dueña de la marca establece las exigencias en cuanto a calidad y los niveles de productividad en la ciudad de Arequipa. El investigador realiza un recorrido de las áreas para analizar la situación real de la empresa, recopilar sus objetivos estratégicos y sus principales indicadores: uno referido a la capacidad del recurso humano, cuatro de producción: productividad, eficiencia de capacidad, eficiencia de utilización y reducción de costos. Finalmente, dos indicadores de calidad referidos a la consistencia del producto-empaque y la consistencia de la satisfacción del cliente expresado en el número de reclamos realizados en el mercado por la calidad del producto.

Ramos (2018) plantea el problema de cómo lograr la mejora en la producción y calidad en el área de planta de una empresa de bebidas gasificadas en la ciudad de Arequipa. Se fija el objetivo general de proponer un método basado en la gestión por procesos. Detallando los objetivos específicos: Descripción de teorías vigentes, realización de diagnósticos de

la situación actual de la empresa, desarrollar el método para el logro de los objetivos, implementación y validación del método propuesto y la evaluación de las propuestas en términos de costos y beneficios.

Ramos (2018) esquematiza la variable dependiente a la productividad y calidad basándose en el método como variable independiente del estudio. El método propuesto consta de dos puntos estructurales: la satisfacción del cliente y la mejora continua, que en forma sistémica se basa en siete etapas consecutivas: 1) Evaluación de condiciones actuales, 2) Organización, 3) Preparación del proceso, 4) Planificación, 5) Ejecución, 6) Medición y control y 7) Actuar. Estas etapas son aplicadas a todos los procesos de planta y tiene como objetivo mejorar en forma sistemática el proceso e incrementar la satisfacción del cliente consumidor. Para ello traduce los objetivos estratégicos de la organización a indicadores medibles numéricamente para la planta y en base al método se plantea mejoras en los procesos claves.

La investigación de Ramos (2018) es importante porque plantea el sentido de urgencia y considera como una situación de supervivencia empresarial el hecho de incremento de costos de transformación, la caída de las utilidades por no cumplir los objetivos estratégicos genera un bajo interés en los accionistas en seguir invirtiendo en la región de Arequipa. Recomienda la funcionabilidad del método para replicar en las áreas de la organización. Adicionalmente refuerza la práctica de mantener el reconocimiento a los trabajadores por parte de la alta dirección y la preocupación de la gestión de la felicidad por parte de la organización.

Pérez (2017) en su trabajo busca mitigar la variabilidad de la producción y la calidad en los talleres de confección, lo cual afecta directamente el cumplimiento a tiempo de los compromisos de embarque de la empresa exportadora. El objetivo de la investigación es implementar herramientas de producción esbelta, control de calidad y capacitación en



los talleres externos de confección que la empresa exportadora contrata, para mejorar el nivel de cumplimiento y calidad en las ordenes de fabricación.

El diseño de investigación Pérez (2017) es aplicada cuasi experimental en series de tiempo, se ha aplicado estadística inferencia. El resultado muestra que se logró la mejoras en los indicadores de niveles de cumplimiento y calidad.

El trabajo de Pérez (2017) es útil porque al mejorar el nivel de cumplimiento y calidad en la ordenes de fabricación que fabrican los talleres externos de confección, la empresa va a poder mejorar el cumplimiento con las fechas de embarque, mejorar la calidad, disminuir los sobrecostos, por reprocesos: compostura y zurcidos.

El resultado de Pérez (2017) implementado herramientas de manufactura esbelta: mapeo de cadena de valor y el sistema jalar fue: de 62.38% a 67.06%. reducción de inventarios en proceso de 4 a 1 día. Reducción de 3.3% en tiempos de ciclo. Los niveles de reproceso reducidos de 27.6% a 20.4%. Mejora en los niveles de fallos en las ordenes de fabricación aprobadas en los talleres de acabados de 8.7% a 5.6%. Dentro de las recomendaciones resalta la capacitación constante en temas de manufactura esbelta y mejora continua. Procurar tener trabajadores polifuncionales, reunión de trabajadores de 5 a 10 minutos diariamente al inicio de jornadas para revisar resultados del día anterior, anunciar estado de las líneas en términos de producción y calidad, informar problemas relevantes, desviaciones e incumplimiento de estándar y metas.

Livia y Molinari (2018) utilizando los datos de las empresas manufactureras declaradas en la encuesta económica anual (EEA) durante el periodo 2008-2015. Realizan una estimación de productividades

sectoriales utilizando el enfoque tradicional de la ecuación de Mincer. Concluyendo en su estudio que, para una misma industria, los choques agregados de la productividad laboral explican mejor el desempeño de los salarios individuales de los trabajadores con relación a los choques agregados de la producción total de factores (PTF) en esa misma industria. Confirmado su hipótesis que existen rigidez entre los salarios y la productividad de la industria peruana. Adicionalmente el choque agregado de productividad laboral proveniente del sector formal afecta en promedio al salario de trabajadores formales e informales. Las elasticidades en las ofertas laborales durante este periodo se debieron al sector de manufactura.

El problema principal planteado por la investigación de Pachas (2019) es demostrar el nivel de influencia de aplicar un programa de mejora continua utilizando Lean Manufacturing (Manufactura esbelta) en gestión de la producción en el área de cartonería de la empresa la Calera. En la misma línea de planteamientos específicos valoriza el uso del mapa del flujo de valor como herramienta Lean, para eliminar los desperdicios. Evalúa la influencia del Kaizen y el mantenimiento productivo total en la mejora del nivel en la gestión en la empresa la calera ubicada en la provincia de Chincha departamento de Ica. Pachas (2019) dentro de sus conclusiones sustenta el incremento de la productividad de la mano de obra de 61% a 71%. Incremento de productividad de los equipos de 67% a 76%. Finalmente, Pachas (2019) concluye que la capacitación y talleres a los colaboradores de la planta contribuyen a elevar la productividad, una mejor calidad de productos. Para garantizar la sostenibilidad del uso de la herramienta Lean, deben estar constantemente monitoreada y fijar metas anuales.

## **2.2 Bases Teóricas**

La investigación está basada en el desarrollo de marcos teóricos referidas a modelos de gestión de fábricas con un impacto positivo en países industrializados. Teorías que, esquematizadas, ordenadas, priorizadas y que, en su conjunto, explican el objetivo del estudio.

### ***2.2.1 Indicadores de Impacto en la productividad***

Christopher, A., (2010) propone una clasificación de métricas para evaluar el desempeño de las organizaciones en su objetivo de lograr posicionarse en un nivel de categoría mundial. En la Métrica clave: La propuesta se basa en dar prioridad a métricas de resultados frente a métricas de control. En Medir lo que importa: La propuesta se basa en valorizar lo que se mide y estructurar las jerarquías por procesos alineando a los objetivos estratégicos, disponibles a los dueños del proceso. En los Tableros para el éxito: La propuesta es plasmar la estrategia en acciones específicas visuales claves, como mecanismo predictivo de éxito. En la creación de tableros: La propuesta es dar una información diversa y de fácil comprensión mediante gráficas, cuadros, flechas e iconos. Los más usados son los códigos de colores del semáforo para resaltar el desempeño y desviaciones. Personalizando en la medida de la identidad cultural de la empresa. En las medidas de desempeño: Se propone para establecer y comunicar las metas claves, medir gradualmente el éxito individual y grupal con un enfoque de mejora continua.

Christopher, A., (2010) sostiene que existen dos categorías de medida desde un enfoque sistémico: Los indicadores de adelanto o impulsores de desempeño, que sirven para lograr mejoras operativas de corto plazo. Los indicadores de regazo o medidas de resultado que evidencian de forma objetiva el logro de los objetivos estratégicos. Las dos medidas tienen que usarse para aumentar la visión general de los procesos desde la etapa inicial hasta la etapa final. Considerando cinco variables de

entrada: personas, maquinas, métodos, materiales y entorno. Como se muestra en la figura 01: Diagrama del Modelo sistémico.

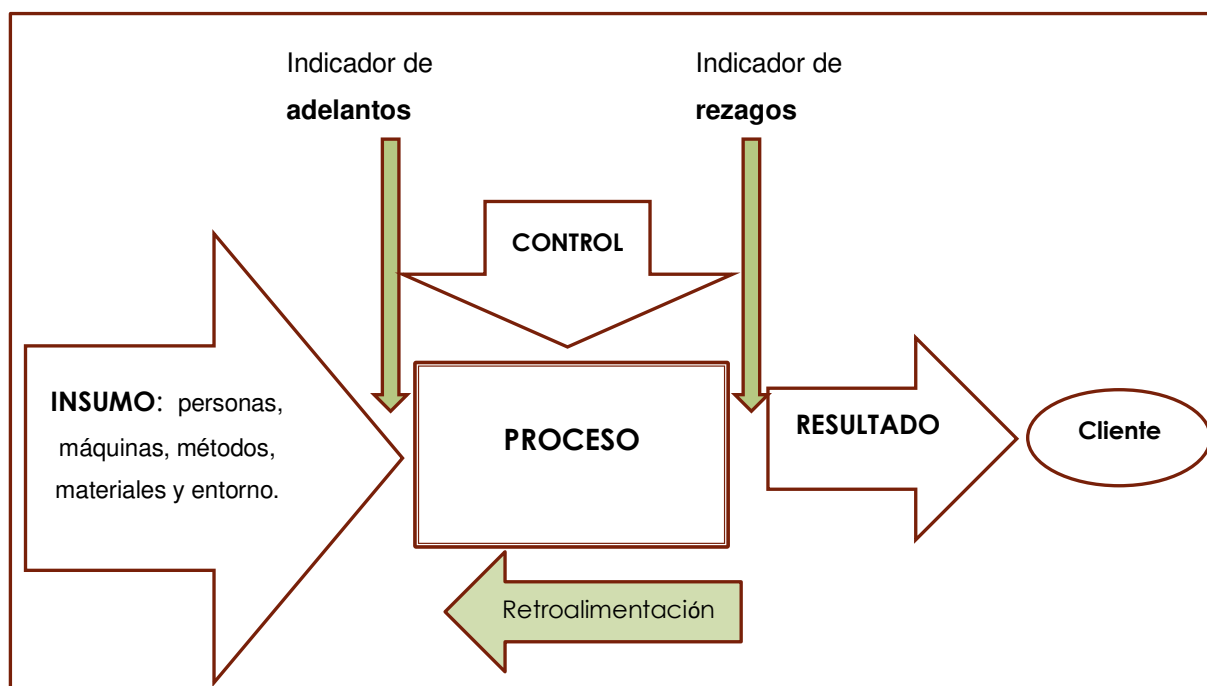


Figura 1. **Diagrama del Modelo Sistémico** de Christopher, A., (2010).

Chase R., (2009) afirma que las comparaciones de las medidas de desempeño de una compañía con las de otra, muchas veces llamadas benchmarking, es una actividad importante. Las medidas indican a la empresa si se está avanzando hacia una mejoría. Las medidas del desempeño del proceso brindan a la dirección de la producción una

ponderación de qué tan productivamente está operando un proceso en la actualidad y de cómo la productividad va cambiando en el transcurso del tiempo. Con frecuencia la dirección de producción debe mejorar el desempeño de un proceso o proyectar las repercusiones de un cambio propuesto.

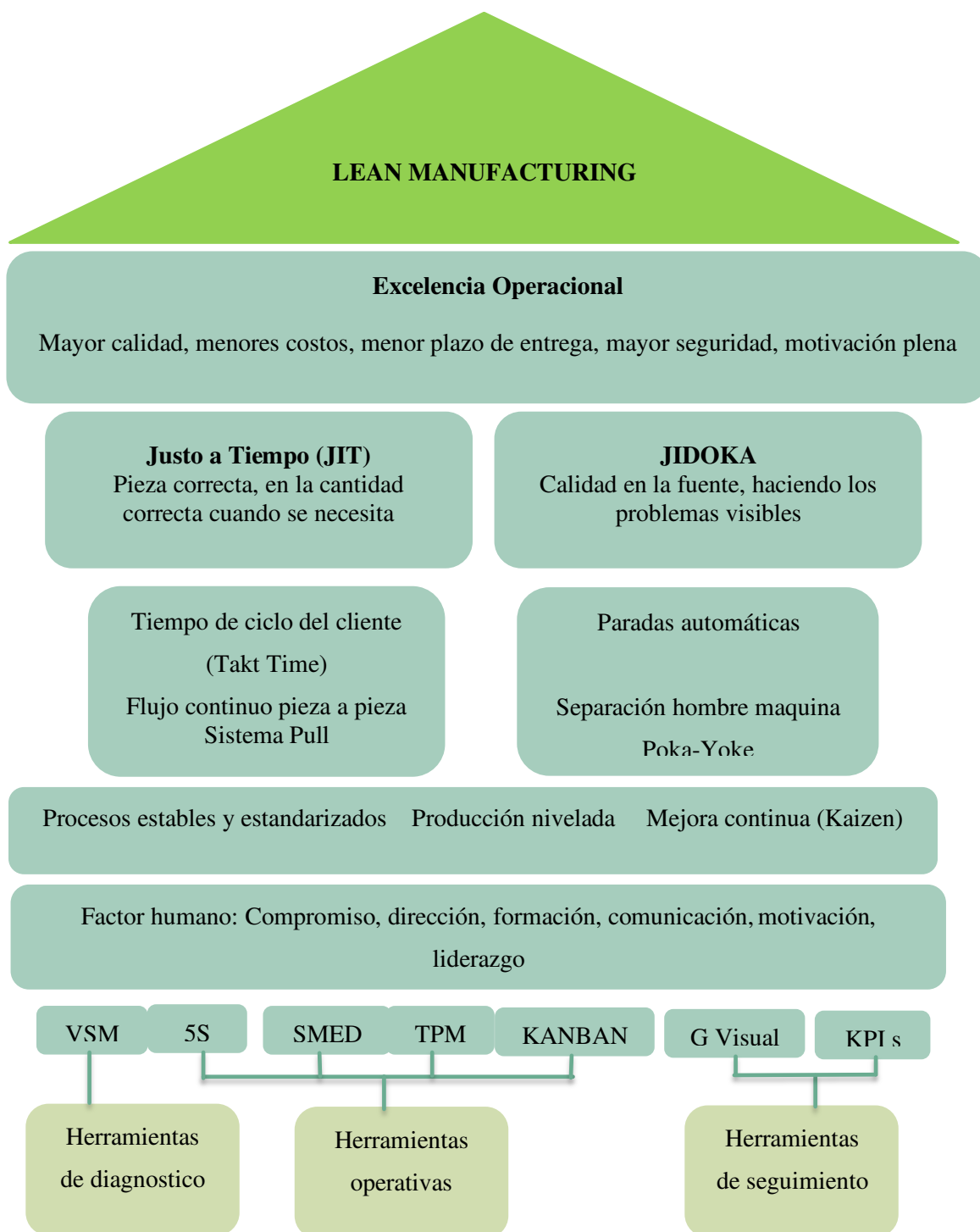
### ***2.2.2 Lean Manufacturing***

Hernández y Vizán (2013) Definen a Lean Manufacturing como una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicio, definidos estos como aquellos procesos o actividades que usan más recurso de los estrictamente necesarios. Dentro de la identificación observada en la producción: sobreproducción, tiempos de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos.

Lean Manufacturing mira lo que no se debe estar haciendo porque no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo. Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas que cubren en gran parte las actividades operativas de fabricación: organización de puestos de trabajo, gestión de calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministros. Hernández y Vizán (2013) mencionan los beneficios obtenidos en la implementación en 300 empresas americanas, logrando reducciones del 20% a 50% en aspectos importantes en el proceso de producción. El objetivo de Lean Manufacturing principal es lograr una cultura de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo, para ello es indispensable adaptar el método a cada caso específico. La filosofía Lean no da nada por sentado y busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica.

### ***2.2.3 Estructura Lean Manufacturing***

Lean Manufacturing es un sistema con muchas dimensiones que inciden especialmente en la eliminación de desperdicios mediante la aplicación de técnicas: Metodología 5's, Control total de calidad, círculos de calidad, sistema de sugerencia, SMED, disciplina en el lugar de trabajo, mantenimiento productivo total, Kanban, nivelación y equilibrado, just in time, cero defectos, Actividades en grupos en grupos pequeños, mejoramiento de la productividad, autonomización (Jidoka), técnica de gestión de calidad, prevención y eliminación de desperdicios, orientación al cliente, control estadísticos de procesos, bechmarking, análisis e ingeniería de valor, teoría de restricciones, costo basado en actividades, seis sigma, mejoramiento de la calidad, sistema matricial de control interno, cuadro de mando integral, presupuesto base cero, organización de rápido aprendizaje, despliegue de la gestión de la calidad, ciclo Deming, función de la pérdida de Taguchi, entre otras técnicas asimiladas a acciones de mejora de sistemas productivos Hernández y Vizán (2013).



*Figura 2. Estructura de la filosofía Lean Manufacturing, adaptado de la Casa del sistema de producción Toyota por Hernández y Vizán (2013).*

## **2.3 Marco Conceptual**

### ***2.3.1 Optimización de costos de muestreo***

Rosas M., Pacheco E., (2018). Concluyen en su investigación que las empresas manufactureras pueden reducir el número de muestras a fin de reducir el impacto financiero manteniendo la rastreabilidad y la estabilidad de las variables críticas de producción, siendo éstas la base de discusión de su trabajo donde los resultados del 1.02% de reducción de muestras. Logran incrementar en unidades de producto terminado disponibles para la venta directa al cliente. Adicionalmente se obtiene ganancias por la no recuperación de estas muestras por ser scrap y de necesitar un reproceso y disposición de los materiales inservibles. También considerar los costos de transformación y los costos logísticos involucrados.

### ***2.3.2 Transferencia de operación de manufactura***

Bernardino, J., Vargas, J., (2017) En los resultados obtenidos de su investigación resaltan la importancia de gestionar la innovación y conocimiento, así como capacidades dinámicas de interacción , que ayudan a detectar necesidades específicas del cliente y a seleccionar el personal ideal con habilidades de interacción personal y liderazgo con capacidad y empoderamiento, capaces de adaptarse a las nuevas dinámicas de las transferencias de manufactura con los países industrializados y adoptar la metodologías con enfoque colaborativo para lograr ventajas competitivas.



### **2.3.3 Cultura**

“La cultura es simplemente la manera de ser, pensar y actuar de la sociedad, que puede ser una nación, una empresa o una familia. La base de la cultura son los hábitos, y estos, aunque pueden ser buenos o malos (virtudes o vicios), se forman a base de realizar acciones constantemente” (Socconini, 2019, pág. 24).

### **2.3.4 Enfoque de estabilidad y enfoque de cambio**

Para enfrentar la problemática del mundo de las organizaciones se requiere una perspectiva sociotécnica que identifique el marco de las decisiones en la fábrica, el cual sería el enfoque de estabilidad y funcionamiento normal de la organización, priorizando resultados y productividad o el enfoque de cambio y reinversión mediante el diseño y rediseño del sistema empresarial. En condiciones estables sostienen utilizar técnicas sistemáticas de gestión de operaciones. En condiciones cambiantes por condición sostienen utilizar técnicas de diseño de procesos y producto. (Acevedo, A., Cachay, O., Linares, C., 2017).

### **III HIPOTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1 Hipótesis general**

Mediante la propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing. Se logrará mejorar el nivel de productividad a un nivel competitivo de categoría mundial.

#### **3.2 Hipótesis específica**

Mediante la propuesta de implementación de la herramienta Lean Manufacturing, Metodología 5's mejora los niveles de merma de las líneas de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa.

Mediante la propuesta de implementación de la herramienta Lean Manufacturing, Mantenimiento Autónomo (MA), mejora las horas de disponibilidad de las líneas de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa.

Mediante la propuesta de implementación de la herramienta Lean Manufacturing: Equipos Kaizen. mejora el rendimiento de las líneas de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa.

### **3.3 Identificación de variables**

#### **3.3.1 Variable independiente**

Está basada en la integración de metodologías para la mejora de procesos productivos en una fábrica, aplicando herramientas Lean Manufacturing

Implementación de la Metodología 5's.

Implementación de Mantenimiento Autónomo

Implementación de Equipos Kaizen.

#### **3.3.2 Variable dependiente**

La variable dependiente está basada en dar las respuestas al objeto general del estudio que es la mejora de procesos productivos.

Mejorar los niveles de merma de las líneas de producción (% scrap)

Mejorar de las horas de disponibilidad de las líneas de producción (H-m)

Mejorar de rendimiento de las líneas de producción en kilos por hora (Kg/h).

### **3.4 Operacionalización de variables**

La operacionalización de la variable dependiente es el efecto y consecuencia de las independientes. Las mismas que se traducen en reducción de costos de transformación y mejoras en los indicadores de la variable dependiente.

La operacionalización de las variables independientes:

Metodología 5's: Mejora de los niveles de mermas (% scrap generado durante la producción).

Mantenimiento Autónomo (MA): Mejora de la disponibilidad de los equipos. Expresado en horas máquina disponible para el proceso (H-m).

Equipos Kaizen: Mejora de cumplimiento de las acciones orientadas al rendimiento de los equipos. Expresados en kilogramos por hora de producción real (Kg/h).

### 3.5 Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis
Problema General	Objetivo Generales	Hipótesis General
¿En qué medida implementado la propuesta de mejoras de procesos productivos aplicando herramientas Lean Manufacturing, en una empresa de tubos Plásticos de Arequipa, logrará mejorar el nivel de productividad a un nivel competitivo de categoría mundial?	Propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing para mejorar el nivel de productividad a un nivel competitivo de categoría mundial.  <b>Objetivos Específicos:</b> Determinar en qué medida la propuesta de implementación de la herramienta Lean Manufacturing, metodología 5's mejora los niveles de merma de las líneas de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa  Determinar en qué medida la propuesta de implementación de la herramienta Lean Manufacturing, mantenimiento Autónomo (MA), mejora las horas de disponibilidad de las líneas de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa  Determinar en qué medida la propuesta de implementación de la herramienta Lean Manufacturing, Equipos Kaizen mejora el rendimiento de las líneas de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa?	Mediante la propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing. Se logrará mejorar el nivel de productividad a un nivel competitivo de categoría mundial.  <b>Hipótesis Específicas:</b> Mediante la propuesta de implementación de la herramienta Lean Manufacturing, metodología 5's mejora los niveles de merma de las líneas de procesos productivo.  Mediante la propuesta de implementación de la herramienta Lean Manufacturing, mantenimiento Autónomo (MA), mejora las horas de disponibilidad de las líneas de procesos productivo.  Mediante la propuesta de implementación de la herramienta Lean Manufacturing, Equipos Kaizen mejora el rendimiento de las líneas de procesos productivo.

### Indicadores de las variables

#### Variable dependiente:

La variable dependiente está basada en dar las respuestas al objeto general del estudio que es la mejora de procesos productivos.

Mejorar los niveles de merma (% scrap) de las líneas de producción

Mejorar las horas de disponibilidad de las líneas de producción

Mejorar el rendimiento de las líneas de producción kilos por hora.

#### Indicador V dependiente:

% de scrap, merma en las líneas de producción.

Horas (H-m) de disponibilidad de las líneas.

Rendimiento (Kg/h) kilos por hora de las líneas de producción.

### Metodología

#### Tipo de investigación:

El presente trabajo es de TIPO exploratoria, descriptiva, correlacional, explicativa y aplicada.

#### Diseño de Investigación:

Es transversal descriptivo, longitudinal por recopilar la información a través del tiempo para realizar inferencias por la variación las causas y consecuencias futuras.

#### Variable independiente:

Implementación de la Metodología 5's.

Implementación de Mantenimiento Autónomo (MA)

Implementación de Equipos Kaizen

#### Indicador Variable Independiente:

Metodología 5's: Implementando / no implementando

Mantenimiento Autónomo (MA): Implementando / no implementando

Equipos Kaizen: Implementando / no implementando

#### Población:

La población de estudio la componen las líneas de producción con características y especificaciones similares por la naturaleza del proceso. Está determinada por 7 líneas de extrusión plástica ubicadas en el departamento de Arequipa.

Técnicas de Recolección datos:

Se hará en base a la observación directa de los resultados de los equipos en la planta de tubos sistemas, análisis de resultados anteriores y otros documentos de análisis.

## **CAPÍTULO IV METODOLOGÍA**

### **4.1 Tipo y Diseño de investigación**

El presente trabajo es de TIPO exploratoria, descriptiva, correlacional, explicativa y aplicada. El DISEÑO de la investigación es transversal descriptivo, longitudinal por recopilar la información a través del tiempo para realizar inferencias por la variación las causas y consecuencias futuras.

### **4.2 Unidad de análisis**

Como unidad de análisis se tiene a la empresa de tubos plásticos de Arequipa, sus principales procesos de producción: Mezclas, Molinos, Mantenimiento y las líneas de proceso principal de tubos. Indicadores, métodos y cultura operativa.

### 4.3 Población de estudio

La población de estudio la componen las líneas de producción con características y especificaciones similares por la naturaleza del proceso. Está determinada por 7 líneas de extrusión plástica ubicadas en el departamento de Arequipa.

### 4.4 Tamaño de muestra

La configuración del estudio por las características del proceso de producción se ha determinado como un modelo **no probabilístico**. Con la consideración que en la fábrica tiene 7 líneas de producción como capacidad instalada. Se ha seleccionado una línea de extrusión: ZRP120/36

### 4.5 Selección de muestra

El tamaño de la muestra del estudio no probabilística, con características de diseño homogéneas para el proceso plástico, indicadores principales de desempeño de las líneas ya definidas por la empresa, se ha determinado la Línea 1: ZRP120/36. Por ser la de mayor impacto en términos de volumen de producción por rendimiento, altas horas de paradas al no estar disponible y altas mermas de calidad reportados en los tres últimos años al 2019.



#### **4.6 Técnicas de recolección de datos**

El estudio se basa en la investigación de campo en la fábrica de Arequipa, donde se recopilará la información directamente de los procesos de producción, recopilación de información del desempeño de indicadores históricos reportados a sus accionistas. Es decir, fuentes primarias de orden cualitativo y cuantitativo. También se recopilará de fuentes secundarias como trabajos realizados dentro de la misma empresa, trabajos de los sectores industriales nacionales y extranjeros, artículos de literatura especializada para construir los fundamentos y bases conceptuales para definir y plantear la propuesta de mejora de procesos productivos aplicando herramientas Lean Manufacturing.

## **CAPÍTULO V LA EMPRESA Y EL PROCESO**

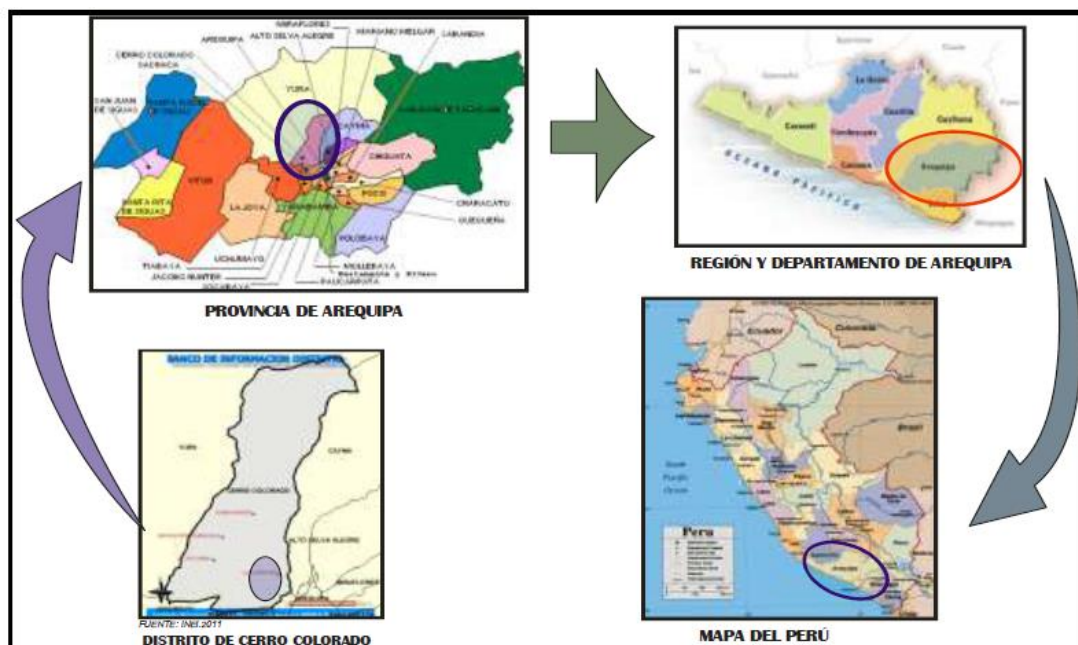
### **5.1 La Empresa**

#### ***5.1.1 Ubicación***

La planta industrial de Tuberías y Geos S.A. tiene una superficie total de 7.0900 Ha, y se encuentra ubicada en el sector urbano de la Ciudad de Arequipa, denominado Alto Cural, con frente a la Urb. Semi Rural Pachacutec, en el Km 1.1 de la Carretera Vía de Evitamiento, en el distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, Región y Departamento de Arequipa.

#### ***5.1.2 Localización Geográfica***

Geográficamente la planta industrial de Tuberías y Geos S.A. se encuentra localizada en la zona 19 Sur, las coordenadas de sus vértices perimetrales, se presentan en el cuadro 04 en proyección UTM (Universal Transverse Mercator) y Datum WGS 84. El área de la actividad se encuentra a una altitud que va desde 2 315 msnm hasta 2 321 msnm. Figura 3



*Figura 3. Ubicación de la planta industrial Data de la empresa*

### **5.1.3 Superficie**

El área donde se desplazan los componentes de la planta industrial de Tuberías y Geos S.A. tiene una superficie total de 7.0900 Ha, lograda con la acumulación de tres (03) predios, ver ítem 2.1.8 Situación Legal del Predio. El Área de Terreno útil es de 48 416.13 m<sup>2</sup> (4.8416 Ha aproximadamente).

### **5.1.4 Vías de Acceso**

En general el acceso a la planta industrial de Tuberías y Geos S.A. es sobre el frente del terreno, por la Carretera Vía de Evitamiento (Km 1.1), el que cuenta con un frontis de 106.90 metros. Las principales Vías de acceso son:

- **Norte:** Av. San Martín y Av. República del Perú, si se viene desde la Ciudad de Arequipa, de donde se tiene 4.98 Km (en línea recta) de distancia.
- **Sur:** Jr. Nicolás de Piérola y Lima.
- **Este:** Carretera Vía de Evitamiento. Esta carretera pertenece a la Red Vial Nacional (Ruta 34A), como parte del Sector Arequipa-Yura, subtramo Matarani-Juliaca del Tramo 5 de la Carretera Interoceánica del Sur, une el flujo vehicular proveniente de la Variante Uchumayo por el sur y por el norte une los vehículos que vienen desde el Cuzco y Puno por la Panamericana Sur. Figura 5

La vía de acceso hacia el área de estudio se puede visualizar en la siguiente Figura 4 y Figura 6.

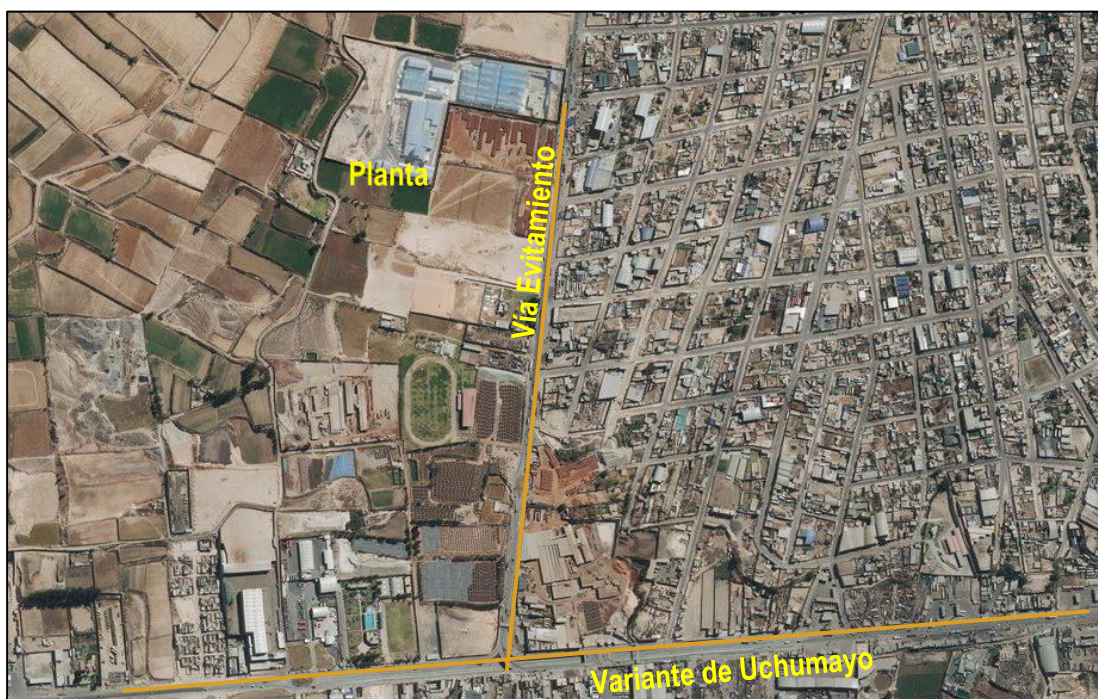


Figura 4. Imagen Satelital fabrica Tomada SAS PLANET 2020



*Figura 5. Frontis de Fabrica.* Elaboración propia



*Figura 6. Vista interna fabrica.* Elaboración propia

### **5.1.5 Visión**

Queremos ser reconocidos como un Grupo empresarial líder conformado por empresas que crean valor económico operando dentro de un marco de ética, de eco-eficiencia y de responsabilidad social, de manera que podamos contribuir a mejorar la calidad de vida de la gente.

### **5.1.6 Misión**

Producir y comercializar rentablemente soluciones completas, innovadoras y de clase mundial para la conducción y control de fluidos operando en un marco de ética, eco-eficiencia y responsabilidad social.

### **5.1.7 Valores**

Liderazgo: Buscamos continuamente impulsar la innovación en nuestros productos, procesos y soluciones, así como la generación de un impacto positivo en el mercado y en la industria.

Responsabilidad: Actuamos de manera responsable y equitativa en las comunidades donde participamos. Contribuimos de la mejor manera posible con la preservación del medio ambiente a través de acciones sustentables.

Compromiso: Creemos en la dedicación, el enfoque hacia metas comunes y el trabajo en equipo para superar las expectativas de nuestros clientes y cumplir los compromisos ofrecidos a socios,

colaboradores y comunidades de las que formamos parte y en donde operamos.

Orientado a resultados: Creemos en la eficiencia y excelencia operacional y financiera; en ofrecer resultados positivos con un crecimiento sostenido y productos que marcan la diferencia.

Integridad: Estamos comprometidos a ser un actor ético, honesto y confiable, que actúa de manera apropiada y respetuosa con sus colaboradores.

Seguridad: La salud y la seguridad de nuestra gente es nuestra prioridad. Nos esforzaremos por garantizar la seguridad en nuestras instalaciones, en las comunidades en donde operamos y el medio ambiente.

#### ***5.1.8 Organización operativa en la fábrica***

La estructura organizacional de la fábrica está constituida por personal de dirección: Jefe de Planta, Jefe de Mantenimiento, Jefe de Sistema de Gestión y Jefe de Control de Calidad y personal de operativo: Operadores múltiples de proceso que son los de mayor experiencia y de mayores competencias técnicas en el proceso. Los operadores de líneas son los responsables del funcionamiento operativo de las líneas de producción. Los trabajadores tienen capacitación y experiencia en el proceso. Antes de iniciar las labores diarias del turno, los trabajadores se reúnen en un ambiente donde están publicados los gráficos de desempeño semanal, mensual y anual. En el ambiente de reunión los asistentes comparten información relevante del proceso del desempeño del día anterior, recibe las instrucciones del día y repasan los posibles problemas posibles a resolver.

El proceso tiene una secuencia lógica desde el inicio de la línea hasta el final de la producción cuando se empaqueta y se concreta el documento de entrega al Almacén de productos terminados. Los trabajos tienen



asignaciones específicas en cada línea tiene asignado a responsables específicos en los turnos. En cumplimiento con los procedimientos del sistema de gestión los trabajadores registran la información en formatos de trabajo.

## 5.2 Clasificación de la Empresa

La producción está relacionada con la creación de bienes y servicios, que comprende el planeamiento, diseño, operación y control de los sistemas que producen bienes y servicios, ya abarca un amplio rango de actividades y no solo la fabricación de bienes, en la empresa en estudio los materiales directos son en su mayoría importados de países petroquímicos para el caso de la resina de policloruro de vinilo PVC, insumos como los pigmentos y estabilizantes. Los materiales indirectos como los anillos con estructura metálica son importados desde Europa. El proceso industrial se realiza en la fábrica de acuerdo con un proceso de planificación para atender mercados demandantes, sector construcción, sector minero, sector agrícola y proyectos específicos. Figura 7.

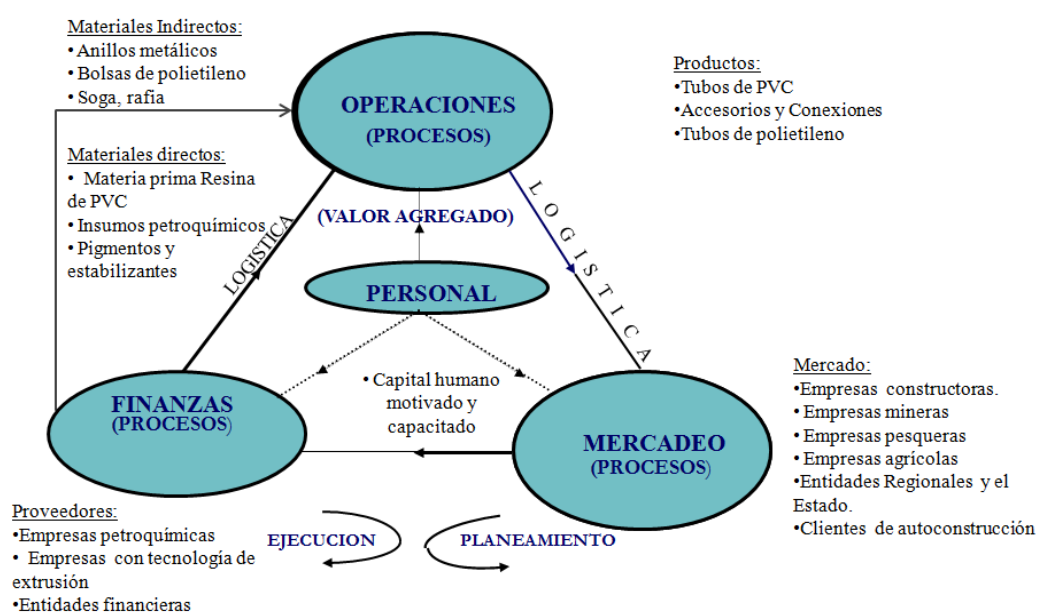


Figura 7. Ciclo operativo de la empresa D'Alessio (2012)



### 5.2.1 Clasificación de la empresa por sus operaciones

Por la clasificación de D'Alessio (2012), Figura 8. La empresa transforma la materia de origen químico como el policloruro de vinilo PVC que junto a estabilizantes, ceras y pigmentos ayudan a la estabilización del proceso industrial para obtener el producto final que es un ducto o Tubo de PVC, usado para el transporte de fluidos de alta presión, fluidos sanitarios, efluentes y ductos eléctricos. En la estructura de la administración de la producción de bienes físicos el producto principal son los tubos de PVC.

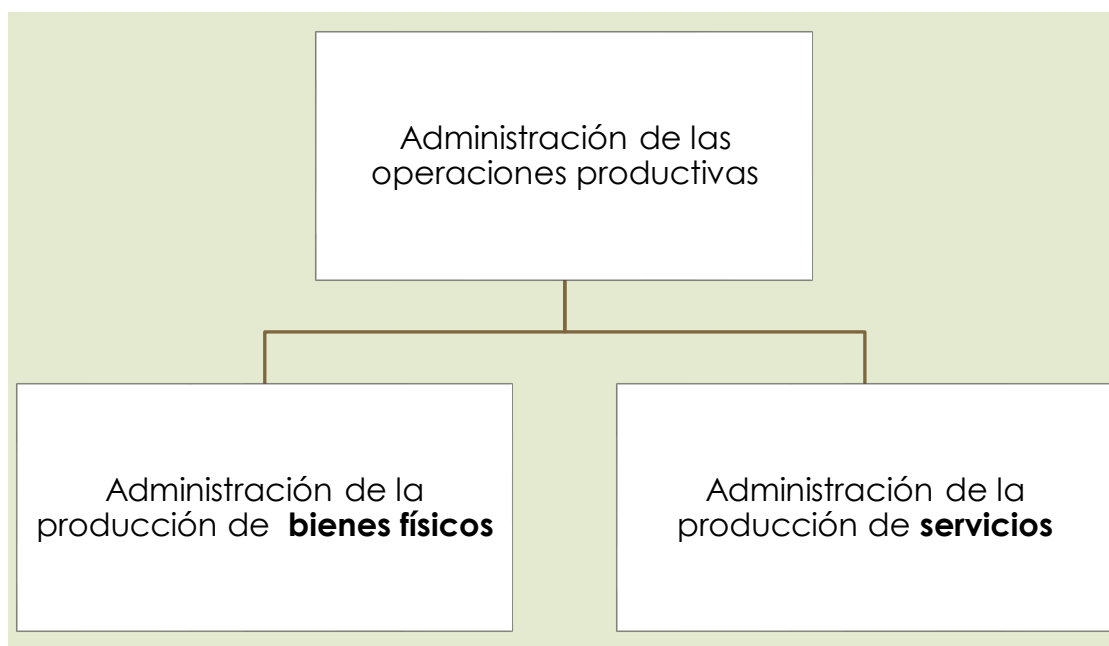
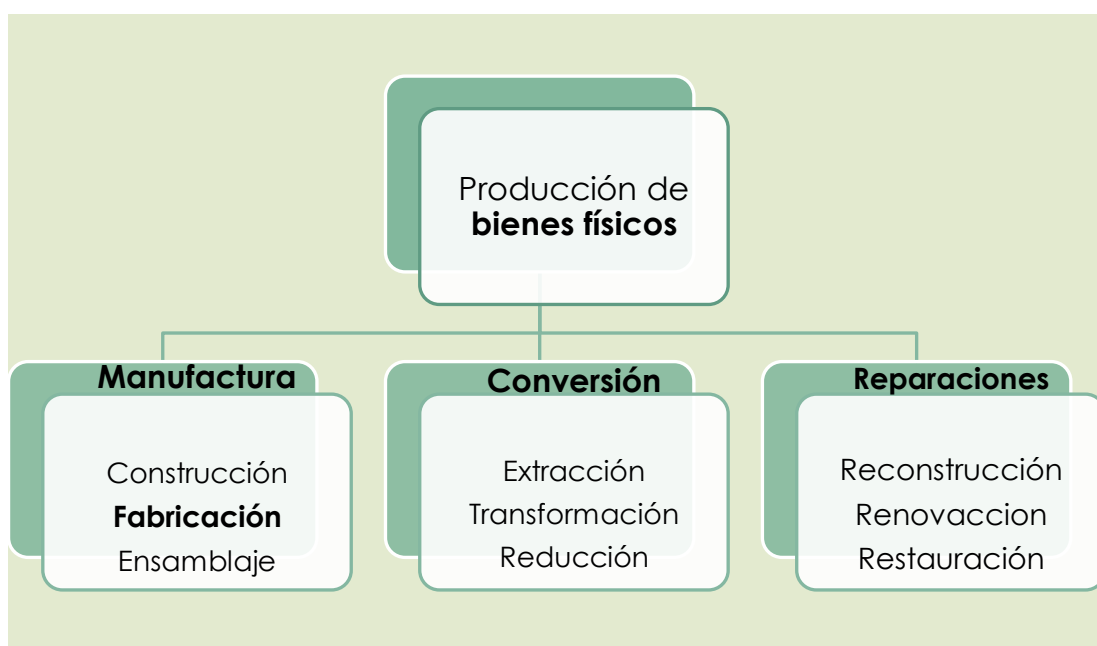


Figura 8. Clasificación por sus operaciones D'Alessio (2012)

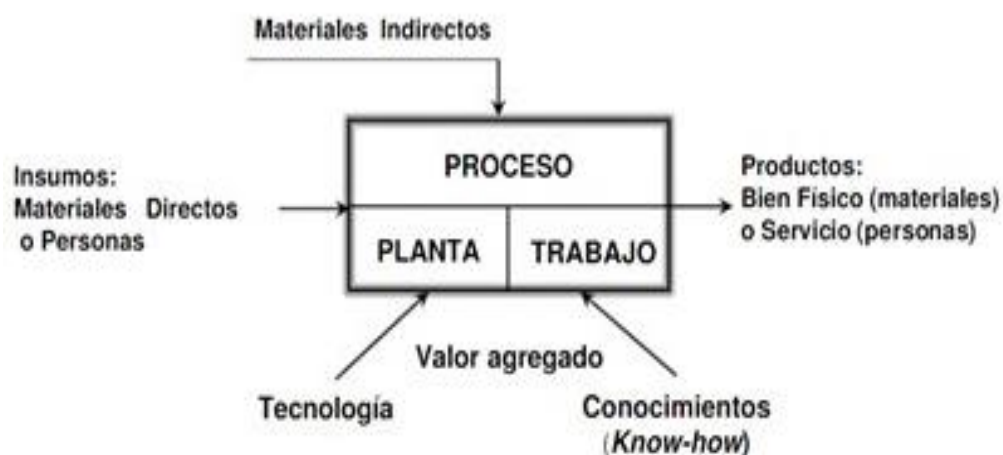
Por la naturaleza del proceso de transformación de materia prima a tubos, usando equipos industriales y sistemas de trabajo organizados por competencias, habilidades y secciones funcionales la clasificación en la estructura de D'Alessio (2012) figura 9, es manufactura.



*Figura 9 Clasificación por Producción D'Alessio (2012)*

Para el proceso de extrusión los materiales directos usados, son previamente procesados en plantas petroquímicas altamente industrializadas que tiene como origen el petróleo. Para los insumos de estabilizantes y ceras

en el país no se cuenta con tecnología para el abastecimiento. Por la tecnología en el procesamiento se usan equipos importados de origen europeo en su mayoría, también hay tecnología de origen asiático y de origen americano y de Brasil. Por el trabajo de la mano de obra directa no requiere de alta especialización en la parte operativa. Para el sostenimiento técnico eléctrico y mecánico se requiere personal con experiencia y competencia calificada. Figura 10 y Figura 11.



*Figura 10. Proceso de Producción D'Alessio (2012)*

### 5.2.2 Diagrama de entrada y salida del Proceso

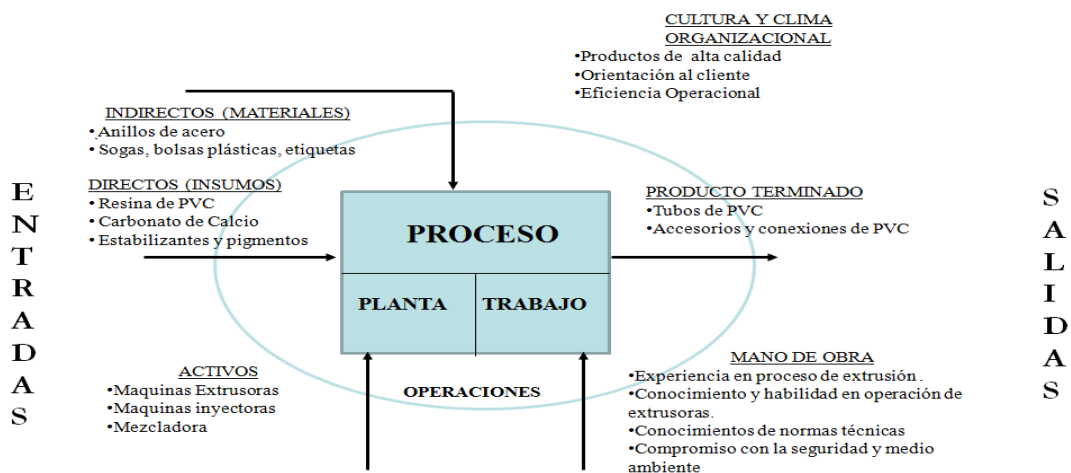


Figura 11. Diagrama de entrada-proceso-salida D'Alessio (2012)

### 5.2.3 Ubicación de la empresa en la matriz de transformación

La ubicación de la empresa en estudio según la matriz de transformación de D'Alessio (2012), se transforma la materia prima en un proceso continuo con producción en una jornada diaria de tres turnos, mañana, tarde y noche en los 6 días de la semana, los 12 meses del año. Los requerimientos de producción son realizados por el área de planeamiento que consolida previamente las necesidades y estrategias de la parte comercial a través de un plan maestro de producción. Los ajustes por variaciones de demanda se realizan en forma semanal de acuerdo con la política de abastecimiento y conservando los niveles de inventarios óptimos. La fabricación se

realiza en serie por la cantidad de productos e intermitente por la naturaleza de las medidas y líneas de producción. Figura 12.

Repetitividad Tecnología	UNA VEZ	INTERMITENTE	CONTINUO (LINEAL)
ARTICULO UNICO	Proyecto		
LOTE		Lote de trabajo	
SERIE		Serie	
MASIVO		Masivo	
CONTINUO			Continuo

FRECUECIA DE PRODUCCIÓN

Figura 12. Matriz de transformación D'Alessio (2012)

### 5.3 Productos de la empresa

*Cuadro 1. Principales productos de la empresa*

Nº	DESCRIPCION	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Peso Std. (kg.)
1	TUBO LUZ SEL 1/2 GO	13	1.10	0.187
2	TUBO CPVC 1/2 X 5 ML	16	1.73	0.616
3	TUBO LUZ SEL 5/8 GO	16	1.10	0.239
4	TUBO LUZ SEL 3/4 GO	19	1.00	0.310
5	TUBO CPVC 3/4 X 5 ML	22	2.03	1.029
6	TUBO LUZ SEL 1 GO	25	1.30	0.458
7	TUBO LUZ SAP 3/4	27	1.80	0.650
8	TUBO PRESION C-10 EC 3/4 GO	27	1.80	1.080
9	TUBO LUZ SAP 3/4	27	1.80	0.650
10	TUBO PRESION C-10 EC 1 GO	33	1.80	1.363
11	TUBO LUZ SAP 1	33	1.80	0.820
12	TUBO PRESION C-10 EC 1 GO	33	1.80	1.363
13	TUBO DESAGUE SAL 1 1/2 GO	41	1.30	0.781
14	TUBO PRESION C-7.5 EC 1.1/2 GO	48	1.80	2.016
15	TUBO PRESION C-10 EC 1.1/2 GO	48	2.30	2.549
16	TUBO DESAGUE PESADO 2 GO	54	1.70	1.280
17	TUBO DESAGUE SAL 2 GO	54	1.30	1.000
18	TUBO PRESION C-10 EC 2 GO	60	2.90	4.013
19	TUBO LUZ SAP 2	60	2.80	2.335
20	TUBO PRESION UR S13.3 63 MM (2 )	63	2.30	3.971
21	TUBO PRESION UR S10 63 MM (2 )	63	3.00	5.120
22	TUBO PRESION UR S20 63 MM (2 )	63	1.60	2.820
23	TUBO DESAGUE SAL 3 GO	80	1.40	1.600

### **5.3.1 Segmentación de los productos de la empresa.**

Los productos que comercializan por segmentos estructurados al sector construcción, sector agrícola, y sector minero.

**Domiciliario:** En la ruta de innovación para el segmento Domiciliario, presentamos soluciones completas para instalaciones hidráulicas en agua caliente, agua fría, aguas negras y aguas de lluvia.

**Área Predial:** Eléctrico, Agua caliente, Agua fría, Desagüe, Soldadura

**Infraestructura:** Las soluciones para la Infraestructura proporcionan calidad certificada para Sistemas públicos de distribución de agua potable, recolección de aguas negras y protección de ductos telefónicos y eléctricos.

**Área Infraestructura:** Agua potable, Saneamiento, Carreteras, Comunicaciones y energía.

**Área Minería:** Conducción de fluidos, Geosistemas, Pesca, Servicios

**Área Agrícola:** Riego tecnificado, Tuberías de conducción, Geosintéticos, Tecnología agrícola, Servicios

## **5.4 Gestión por proceso**

El modelo actual de la gestión de procesos en la empresa se basa en la estructura del Sistema Integrado de Gestión, establecido y mantenido sobre la base de los requisitos de la norma ISO 9001:2015 para calidad que de acuerdo a los nuevos apartados la empresa ha incluido el contexto de la organización para entender el escenario interno y externo necesarios para que el diseño del sistema se base en el conocimiento de la cultura, los valores, políticas, estrategias e identidad de la empresa. Adicionalmente sobre el conocimiento de las tendencias tecnológicas, económicas y sociales de un ámbito local, regional, nacional e internacional. Respecto a medio ambiente se basa en la norma ISO 14001:2015, para seguridad en la norma ISO 45001. La empresa ha establecido, documentado, implementado mantiene y mejora continuamente la eficacia de un Sistema de Gestión de la Calidad de acuerdo con los requisitos de la norma. Se ha identificado los procesos como se detalla en (Figura 13), los criterios y métodos necesarios para asegurar de la eficacia de su operación y control, la provisión de recursos, y el seguimiento, medición y análisis de los procesos.

### ***5.4.1 Política Empresarial***

La organización anuncia como política integrada en tres ejes, la seguridad, el medio ambiente y la calidad. “Nosotros, en Geo sistemas del



Perú S.A., tenemos a la seguridad como nuestra principal prioridad. Damos mucha importancia al medio ambiente y a la calidad de nuestros productos y servicios, considerando nuestro contexto organizacional y nos esforzamos por cumplir los requisitos de nuestros clientes y otras partes interesadas pertinentes.” Declara los compromisos: “Prevenir accidentes y daños a la propiedad enfatizando que la seguridad es responsabilidad de todos. Preservar la salud, seguridad y protección de nuestra gente. Crear impacto positivo para la protección del medio ambiente, a través de la prevención de la contaminación ambiental, la reducción en el consumo de los recursos y el reciclaje de los residuos. Mejorar continuamente la eficiencia de nuestros Sistema de Gestión, establecer objetivos de desempeño, medir resultados, revisar y mejorar los procesos. Tener comunicación abierta con las partes interesadas; cumplir con las regulaciones locales, regionales, nacionales y con otros compromisos y requisitos externos aplicables”.

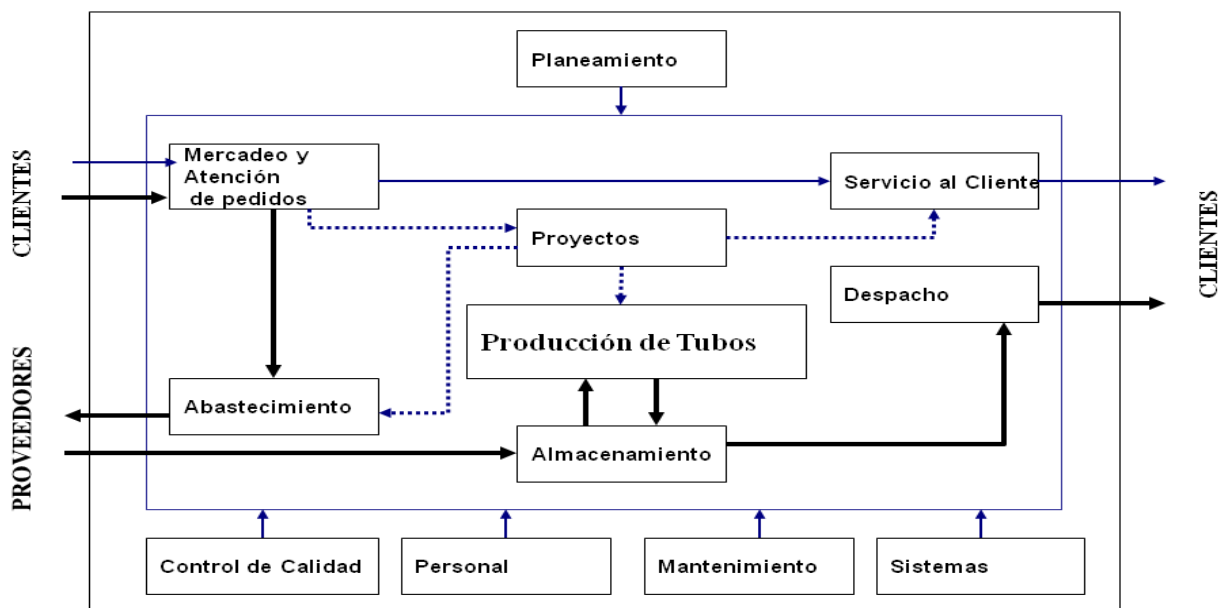
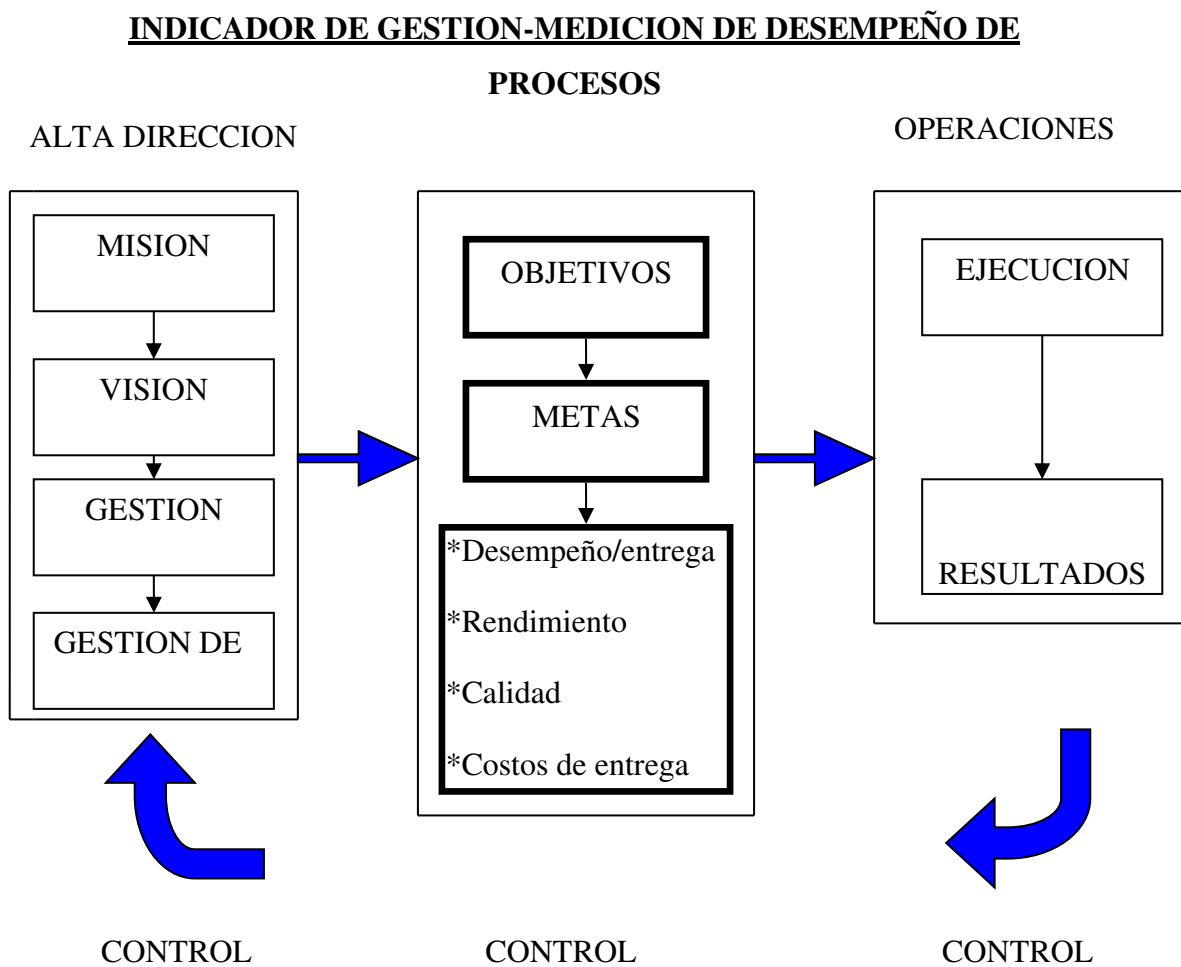


Figura 13. Mapa de procesos Elaboración propia.

#### 5.4.2 Indicadores de Gestión

El modelo que se tiene de monitorear el cumplimiento de la política y los objetivos del sistema de gestión es a través del seguimiento de indicadores establecidos en las reuniones estratégicas donde se establecen las metas por aéreas. Las mediciones son realizadas por los responsables de cada área y es entregada al área de Sistemas de Gestión Integrada para ser reportadas al Gerente General, siendo estos datos utilizados como información para la revisión por la Alta Dirección (Figura 14).



*Figura 14. Modelo de Gestión de Indicadores* Elaboración Propia

## 5.5 Descripción de los procesos productivos

### 5.5.1 Descripción de los Procesos

La empresa Tuberías y Geosistemas S.A., desarrolla tres (03) líneas de proceso de producción, correspondientes a la producción de: tuberías de PVC, tuberías de Polietileno y tanques de Rotomoldeo. A continuación, se detalla los procesos y/o actividades que se desarrollan en cada línea de producción.

a) **Proceso de Fabricación de Tuberías de PVC.** Proceso que abarca la elaboración de tuberías en PVC o PE, efectuándose este proceso dentro de las normas NTP e ISO. La empresa actualmente cuenta con 7 líneas de producción, para la fabricación de tuberías de diferentes variedades.

Por el proceso de extrusión se plastifica el PVC. Una vez que el compuesto se uniformiza va siendo transportada por un tornillo sin fin hacia el cabezal en donde se realiza la formación de la masa plastificada. Formándose una manda con diámetro y espesor dados por el cabezal. En la Figura 15, se grafica la secuencia ordenada del proceso y en el Cuadro 12, se especifica los productos procesados. En la planta.

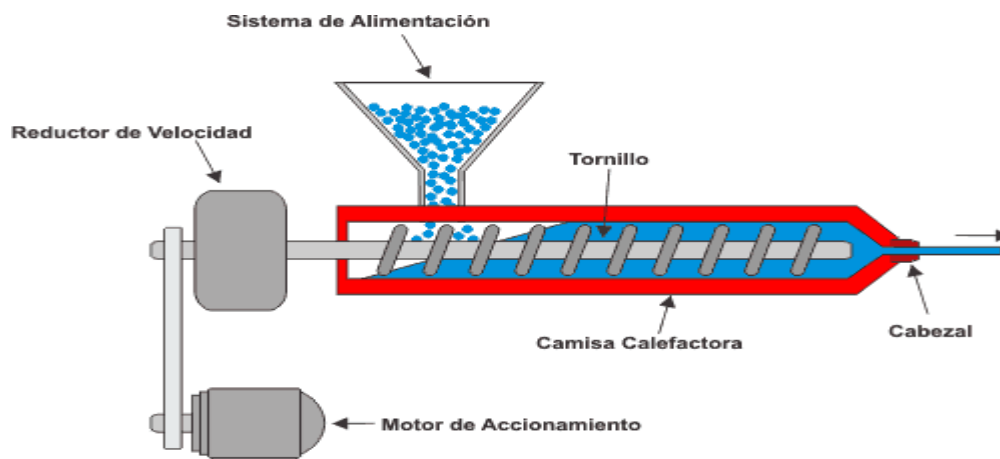


Figura 15. **Proceso de Extrusión PVC.** Datos de la empresa

- b) **Pesado de Aditivos:** Cada tipo de tubería tiene una fórmula de insumos, los cuales son pesados: pigmentos, estabilizantes, dióxidos de titanio, entre otros compuestos.
- c) **Cargado de Silos:** cuentan con dos silos de almacenamiento, de Resina de PVC y de Carbonato de Calcio, los cuales son llenados por absorción de material. De cada silo saldrán tuberías con sistemas automáticos para el llenado de las tolvas de la extrusora o en bolsas grandes de 1 tonelada dependiendo de la línea de producción.
- d) **Formulación de Materiales:** los insumos pesados son mezclados en la Formuladora que jala directamente de los silos el peso de Resina de PVC y Carbonato de Calcio, las cuales cuentan con un sensor automático de nivel de material que activa la alimentación. La sala de mezclado cuenta con campanas extractoras en cada una de las balanzas.

e) **Extrusión:** el material formulado (compuestos) pasa a alimentar las extrusoras de doble alimentación forzada, que consiste en una maquina extrusora que cuentan con 2 tornillos y una zona de desgasaje en el cual se extrae la humedad del compuesto y el cloruro de hidrogeno o ácido clorhídrico. El compuesto pasa por un cabezal (a 190°C) donde se va formando la tubería con diámetro y espesor dados por el mismo cabezal, luego en la cámara de vacío se va realizando el formado definitivo de la sección de la tubería para posteriormente pasar por un sistema de enfriamiento y formar el tubo a las características específica.

### Flujo del proceso de mezclas



Recibimiento de la materia prima PVC y Carbonato

Almacenamiento de la materia prima PVC y Carbonato

Almacenamiento de la materia prima PVC en silo de 120 Tn y Carbonato en un silo de 40 Tn



Figura 16 Flujo del proceso de mezclas. Datos de la empresa

f) **Extrusora** : Da inicio a su función cuando es trasladado el compuesto por medio de un transporte neumático hacia la tolva de

alimentación, la cual se encarga de recibir y dosificar la entrada de material al conjunto barril tornillo de la extrusora; seguidamente encontrándose el material en el conjunto barril tornillo, ésta se encarga de plastificarlo manteniendo uniforme la mezcla, y simultáneamente genera presión suficiente para lograr que el material plastificado pase por un cabezal, que se encarga a su vez de dar la forma y el diámetro al tubo. Figura 17.



Figura 17. **Extrusora para tubos.** Datos de la empresa

- g) **Conjunto de plastificación:** Cada tipo de material plástico o polímero tiene su particularidad de procesamiento en base a sus requisitos específicos de plastificación la misma que se da por un procesamiento mecánico de cizallamiento para lograr una homogenización en el fundido. Al mismo tiempo la plastificación del material genera presiones y flujo de arrastre y flujo de presión con

dirección a una salida que determina la naturaleza del producto y proceso. Para el caso de extrusión de tubos las longitudes de los tornillos y barriles están configurados para altas velocidades y procesos continuos. Para materiales como el policloruro de vinilo a PVC se usan tornillos gemelos lentos con acción de conducción positiva y con energía calorífica externa. Figura 18.

## PARTES DE EXTRUSORA

### Barril y Tornillo

Es el conjunto de plastificación que está formado por el par de tornillos, el barril y las resistencias, así mismo es la responsable de trabajar el compuesto de forma mecánica generando calentamiento y fusión de la molécula de PVC.

#### Objetivo.-

- Recibir y almacenar compuesto
- Transportar material y calentar
- Pre-comprimir y comprimir
- Plastificar
- Homogenizar
- Generar presión

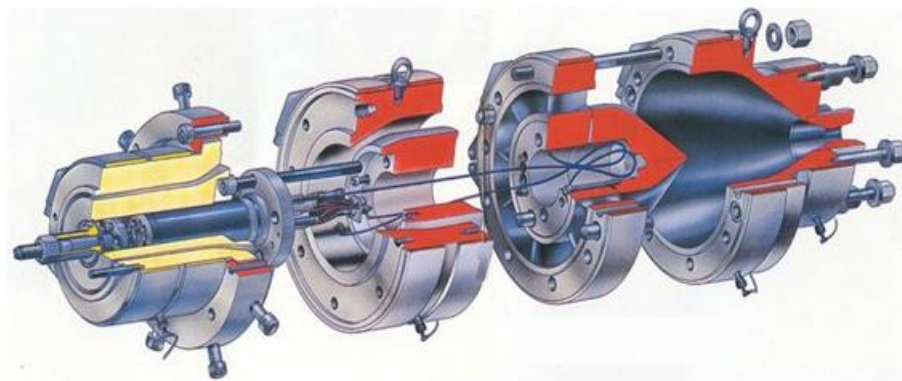


Figura 18. **Barriles y Torillos de Extrusora.** Datos de la empresa

- h) **Cabezal:** Es un herramental muy importante en el proceso de extrusión es llamado también dado formador, es la base de la forma que tomará el material extruido. Para cada producto se diseña un cabezal específico en función a características y necesidades de funcionabilidad. Variando en aspectos longitudinales y axiales en la medida de la envergadura del producto. Es de importancia el diseño



del cabezal puesto que determinará la variación del peso del producto diseñado a mayor sobrepeso mayor sobre costo. Considerando fallas de cabezal un factor de impacto alto en el desempeño eficiente o deficiente del proceso. Figura 19.



Es donde el material plastificado toma la forma del tubo, el cabezal consta de diferentes partes que ayudan a formar el diámetro y el espesor inicial del tubo.

*Figura 19. Cabezal para extrusión de tubos.* Datos de la empresa

- i) **Tina de Calibración:** La tubería en estado plastificado proveniente del cabezal, es necesaria que sea enfriado para que obtenga solidez. Para ello, la tina de calibración cumple la función de enfriar el tubo proveniente del cabezal a través de la aspersion de agua fría; asimismo controla este enfriamiento, con el objeto de prevenir contracciones que al presentarse pueden malograr la geometría del tubo. El control de la geometría del tubo se realiza a través de un

sistema de vacío, que consiste en mantener el tubo a un calibrador que impida las contracciones.

- j) **Enfriamiento:** como el material (la tubería) sale del cabezal caliente, este debe pasar a un enfriamiento inmediato con agua helada, para mantener las dimensiones y pueda seguir con su proceso.

El agua que utiliza este proceso es recirculada. El vacío que se genera cuando ingresa a la tina de enfriamiento es lo que produce el hinchamiento de la tubería.

Tina de enfriamiento es un equipo de enfriamiento por aspersión de agua fría, necesario solamente en tuberías de gran diámetro

- k) **Rotulado:** luego que salen de la tina de enfriamiento, pasan las tuberías a ser rotuladas con las especificaciones de cada tipo, con su respectivo control de calidad. Se utilizan tintas y aditivos para esta marcación.
- l) **Jalado:** la máquina Jaladora (Oruga y Rodillo) es la encargada de arrastrar la tubería para que se dé el proceso en línea desde que sale del cabezal. Este equipo genera una fuerza de tracción por rozamiento, entre la tubería y el conjunto de orugas del jalador; esta fuerza de tracción es necesaria para que el tubo llegue a pasar por todos los equipos de la línea de producción

- m) **Cortado:** cortan la tubería según la longitud que es requerida por su tipo, mediante un sistema automático y el contómetro. Este equipo da la dimensión longitudinal al tubo. Para esto cuenta con un disco de corte con movimiento longitudinal o planetario, dependiendo del diámetro del tubo.
- n) **Acampanado:** Le dan la forma a uno de los extremos de la tubería según sus especificaciones, por medio de aumento de tubería con un molde. Siendo necesario que las tuberías se acoplen entre sí, éstas deben de estar provistas de una campana en uno de sus lados. Para obtener la campana, uno de los lados del tubo es calentado en un horno; posteriormente, el tubo es forzado por un MANDRIL en donde es enfriado y de esta manera se obtiene la campana.

Cuando el PVC es calentado, tiene tendencia a descomponerse por desprendimiento de ácido clorhídrico. La descomposición es autocatalítica, es decir, que el ácido clorhídrico formado, cataliza la descomposición y la acelera. Por este motivo es necesario aditivar la resina con estabilizantes térmicos antes de su transformación a altas temperaturas, que neutralicen el ácido clorhídrico, suprimiendo el efecto autocatalizante y fijar los dobles enlaces de la cadena molecular del PVC.

Los gases que se pueden formar en el proceso de fusión del PVC (vapores de agua, ácido clorhídrico) son extraídos a través de un

sistema de desgasificación (sistema de vacío) y llevados a un tanque para su posterior limpieza.

- o) **Roscado:** Le dan la forma a uno de los extremos de la tubería según sus especificaciones, aplicándole una rosca con ayuda de un refrigerante.
- p) **Molino y Pulverizado:** todo producto no conforme pasa a molienda y pulverizado según la necesidad de producción, para reciclar nuevamente en el proceso productivo.

Los productos terminados serán almacenados para su posterior comercialización.

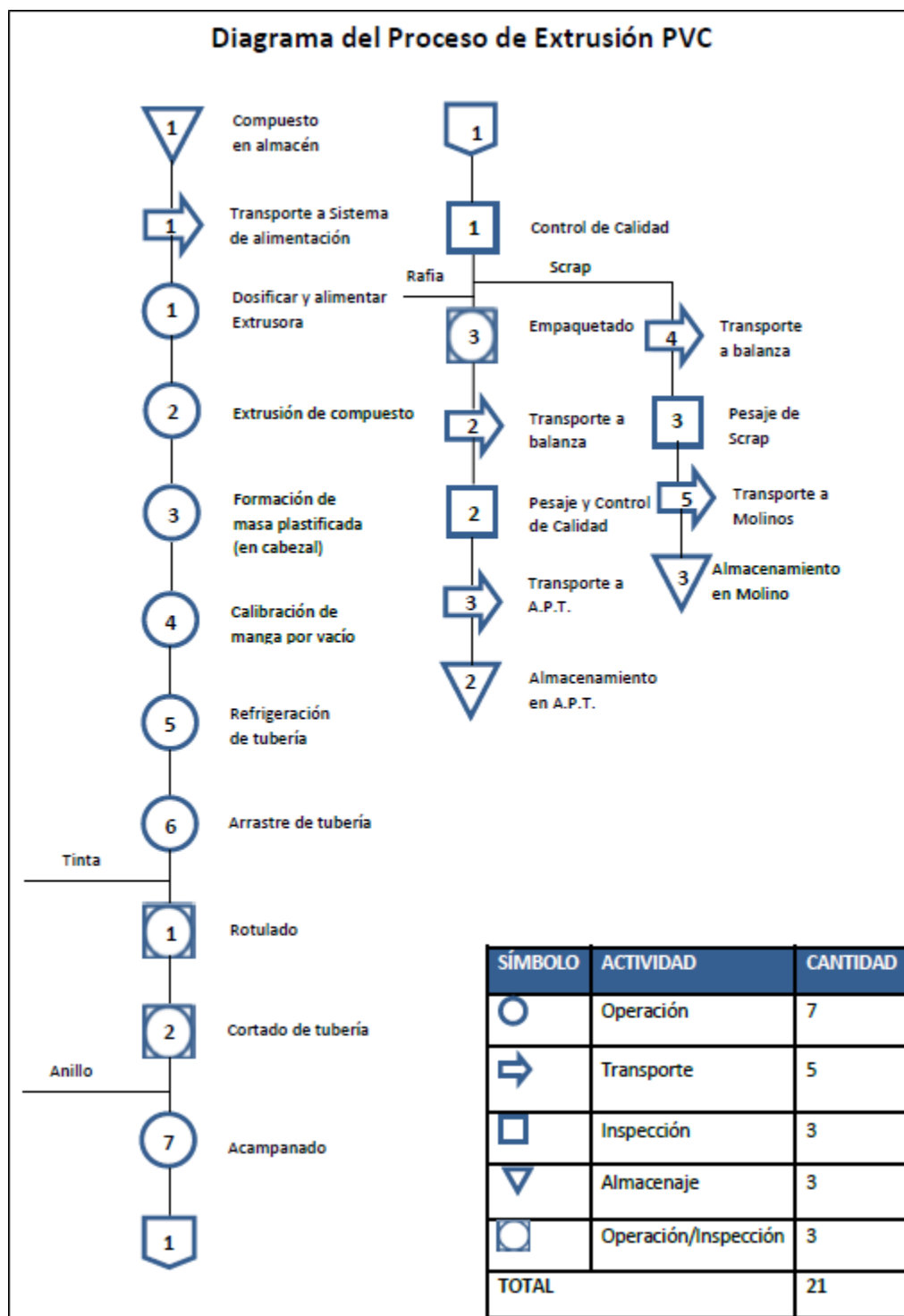
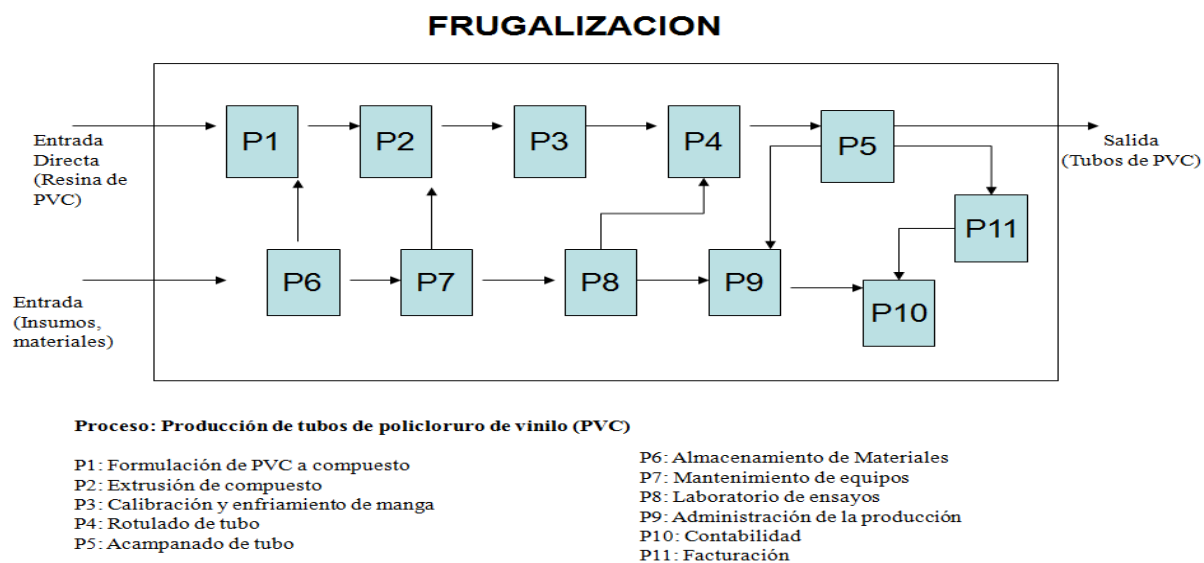


Figura 20. Diagrama de Proceso de extrusión. Elaboración propia

### 5.5.2 Actividades por equipos de Producción

EQUIPO		DESCRIPCION
CABEZAL	1	Moldes, la correcta instalación del cabezal, el macho, la hembra y el centrado.
	2	Estado de la manivela para posicionamiento cabezal.
	3	Estado de los pernos centradores (si hay rotos, faltantes o están robados)
	4	Estado de los pirómetros, enchufes, resistencias y termocuplas en el cabezal (calentar entre 200 -210°C)
EXTRUSORA	5	Correcto funcionamiento del sistema de enfriamiento del cilindro, tornillo del sistema y motores.
TINAS	6	Correcto funcionamiento de las tinas de formación y enfriamiento.
	7	Estado de las mangueras de tinas de enfriamiento/formación y que estén conectadas de manera correcta.
	8	Estado de calibrador, los platos y jebes correspondan a la medida.
	9	Buen estado de las crucetas.
	10	Correcto funcionamiento de las bombas de agua, de vacío y de nivel.
	11	Correcto desplazamiento de la tina de formación sobre su carril.
ROTULADOR	12	Rotulo del producto a fabricar.
	13	Existencia de tinta y aditivo.
JALADOR	14	Funcionamiento y estado de cadenas y sistema de tracción.
	15	Funcionamiento del regulador de velocidad.
	16	Alineamiento de orugas
CORTADORA	17	Correcta regulación de la circular
	18	Brazo y nivelador de corte están en la medida correcta y la cuchilla de corte
	19	Anclaje y buen estado de las guías metálicas
	20	Verificación de fugas de aceite/derrames de aceite.

### **5.5.3 Análisis de la frugalización del proceso Extrusión.**



**Figura 21. Frugalización de Extrusión PVC** Elaboración Propia

#### **5.5.4 Descripción de producción y servicios auxiliares**

Por naturaleza del proceso se tiene aéreas de apoyo al proceso principal los mismos que bajo la estructura organizacional reportan a las jefaturas respectivas: aéreas de: finanzas, logística, ventas y recursos humanos.

Se detallan aéreas de apoyo al proceso principal.

**Área de Almacenamiento de materia prima y compuesto:** la materia prima es recibida en bolsas grandes de 1 tonelada y luego almacenada en silos para su conservación y preservación. Para ello se cuenta con tres silos de materia prima: dos de PVC y uno de carbonato.

También se cuenta con 5 silos para almacenar el compuesto ya preparado.

**Área de Mezclas:** en ella se transforma la materia prima en una mezcla homogénea denominada Compuesto, y es utilizada en los diferentes procesos.

**Área de Extrusión:** Área de procesamiento de tuberías que cuenta con 7 líneas para este proceso.

**Área de Inyección:** destinada a la fabricación de accesorios para el empalme de tuberías. Se cuenta con 30 inyectoras de diferente capacidad, las mismas que se ubican en la parte posterior de la planta.

**Área de Molinos:** cuya función es la de reprocesar los productos defectuosos según el criterio del laboratorio de control de calidad. Esta reprocesamiento se realiza en dos etapas: Granulación y Pulverización. El material obtenido en esta etapa es reutilizado en proporciones predeterminadas para el procesamiento de nuevos productos.

**Área de Ensamblajes:** en esta área se procesan productos especiales por transformación, a partir de productos estándar. Este proceso comprende: transformación térmica, transformación geométrica por pegado o una combinación de ambas.

**Servicios Auxiliares:** que comprende el suministro de los servicios de agua helada a presión, aire comprimido y energía eléctrica auxiliar de necesidad vital para el procesamiento de productos.

**Laboratorio de Control de calidad:** Cuenta con diversos instrumentos y equipos para realizar las pruebas a los productos que la



empresa ofrece, no sólo al finalizar el proceso productivo, sino también durante el proceso, a fin de establecer la conformidad de los mismos.

#### ***5.5.5 Planeamiento y distribución de la planta***

La planeación y distribución de la planta como factor de competitividad se basa en la flexibilidad de gestionar los recursos físicos de la organización: aéreas físicas, instalaciones de máquinas, equipos, aéreas de almacenamientos y distribución. Considerando la posibilidad de cambiar el estado actual focalizándose en la competitividad y en el beneficio de costos en el producto final. La planta industrial se ubica en una zona industrial de Lima, un lugar estratégico por las vías rápidas de transporte. Actualmente se ha dinamizado con la llegada de centros comerciales y mejoras de acceso a las vías de tránsito.

Para la actual distribución de la planta se ha considerado la naturaleza de los productos, las líneas de productos de mayor velocidad y de diámetros mayores a 500mm se han ubicado en las partes laterales de la planta por su facilidad en la maniobra de traslado y por su cercanía a los silos de material.

Por la naturaleza del proceso y el cuidado de los equipos se tiene un modelo fijo lineal de distribución, en cada línea se procesan un conjunto de productos clasificadas por diámetros de tubos, el espacio entre líneas permite la operación de producción y permite el mantenimiento en forma independiente.

Distribución general del conjunto: el centro de operación es la maquinas extrusoras. En los alrededores se ubican la casa de máquinas como elemento de fuerza: agua tratada fría, aire comprimido y energía. El sistema de alimentación de material y el sistema de vacío para el transporte de material en forma automática.

#### ***5.5.6 Planeamiento de la distribución de la planta***

El sector construcción mantiene la perspectiva de crecimiento en el país. Por efecto natural de abastecimiento de materiales se dinamizan las empresas industriales que fabrican materiales básicos para la construcción como es la fabricación de tubos para la conducción de fluidos.

En la planta, se ha analizado el impacto del crecimiento de la demanda en tubos, como resultado la planta está en los límites superiores de capacidad, tal es el caso que se han replanteado ampliaciones y se ha analizado la compra aledaña de terrenos. Se han implementado sistemas de almacenamiento con aprovechamiento de los aires con estructuras metálicas de 10 metros de altura, logrando optimizar el área del terreno, se han implementado silos de almacenamiento con capacidades de 100 toneladas para optimizar la capacidad de almacenamiento de materia prima.

#### ***5.5.7 Disposición de la planta***

La disposición final de la planta está condicionada por la capacidad requerida y las metas de la organización, como se ha mencionado en el presente trabajo la capacidad actual de la fábrica, está en su límite.

Se busca optimizar los rendimientos en su conjunto, en el proceso se trabaja aplicando la teoría de las restricciones. La forma periódica se evalúa los resultados de los equipos de las líneas.

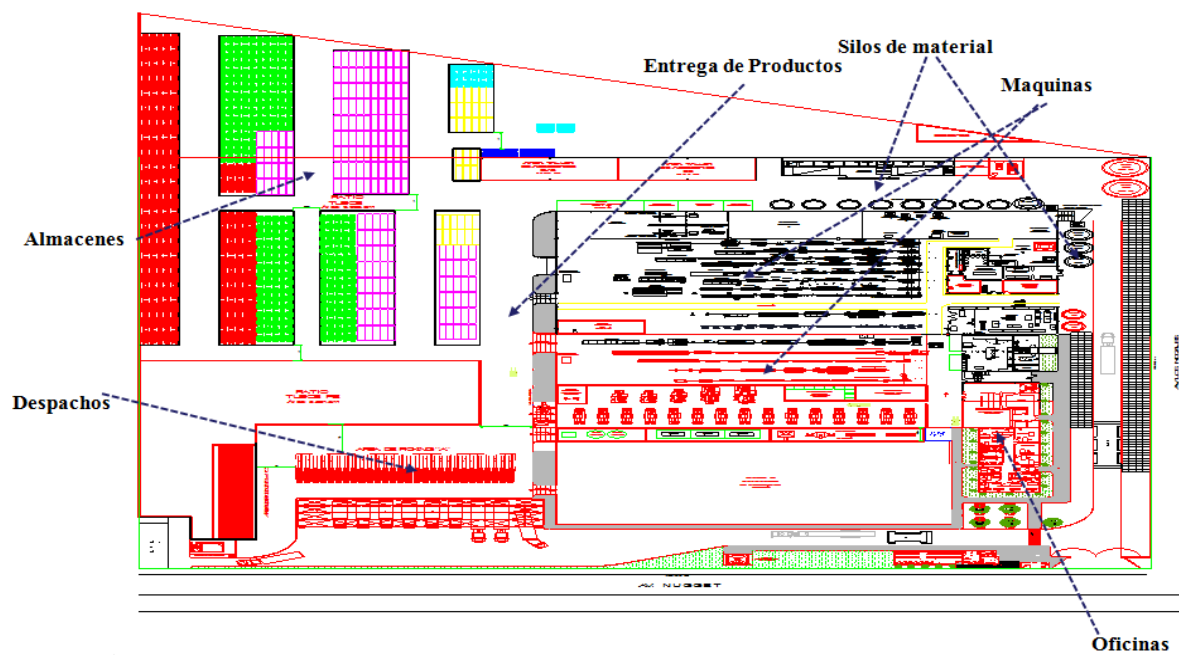
En la planta se ha evidenciado que se ha respetado los principios básicos de la distribución de la planta:

Principio de la integración total: De acuerdo con el flujo del proceso la zona de descarga de materia prima está cerca a los silos de almacenamiento, los silos de compuesto se han instalado cerca de las maquinas extrusoras, al procesar los productos son trasportados a la zona de almacén de productos terminados.

Principio de la mínima distancia: los procesos en las líneas son de distancia optimas y entre líneas es mayores a 1.20 metros por normatividad industrial.

Principio del flujo optimo: Se ha analizado de acuerdo con el Diagrama de Análisis de Procesos (Figura 19), obteniéndose como resultado los tiempos óptimos, los mismos que pueden ser mejorados incorporando tecnología.

Por la limitación de espacio en almacenamiento de productos terminados se propone habilitar 12 mil metros cuadrados colindantes a la fábrica para ampliar la capacidad de almacenamiento (Figura 18).



**Figura 22. Layout de la planta industrial** Elaboración propia

GRAFICA DEL FLUJO DE PRODUCCION DE TUBOS PVC								
N°	Distancia (m)	Tiempo (min)	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacén	Descripción del Proceso
1		0						Compuesto en almacén
2	10	8						Transporte a Sistema de alimentación
3		2						Dosificar y alimentar Extrusora
4		12						Extrusión de compuesto
5		3						Formación de masa plastificada (en cabezal)
6		3						Calibración de manga por vacío
7		5						Refrigeración de tubería
8		2						Arrastre de tubería
9		1						Rotulado
10		1						Cortado de tubería
11		7						Acampanado
12		2						Control de Calidad
13		2						Empaquetado de tuberías
14	5	2						Transporte a balanza
12		5						Pesaje y Control de Calidad
13	15	5						Transporte al Almacén
14		0						Almacenamiento
	30	60						

Figura 23. Diagrama de Actividades y Procesos Elaboración propia

## CAPÍTULO VI DESARROLLO DE LA PROPUESTA

### 6.1 Diagnostico del Proceso

#### 6.1.1 Capacidad Instalada

La capacidad instalada es el producto del rendimiento promedio de los equipos básicos, calculado con base en 8760 horas maquina por año (365 días x 24 horas día)

*Cuadro 2. Capacidad de Planta*

LINEA	EQUIPO	Rendimiento ( Kg/h)	Producción día (Kg)	Producción mes ( Kg)	Producción año ( Kg)
1	ZRP 120/36	1000	24,000	600,000	7,200,000
2	ZRP 090/36	400	9,600	240,000	2,880,000
3	ZRP 115/36	700	16,800	420,000	5,040,000
4	ZRP 110/36	500	12,000	300,000	3,600,000
5	ZRP 70/36	300	7,200	180,000	2,160,000
6	ZRP 70/36	300	7,200	180,000	2,160,000
7	ZRP 75/36	350	8,400	210,000	2,520,000
<b>CAPACIDAD EN KILOS</b>				<b>2,130,000</b>	<b>25,560,000</b>

Fuente: Elaboración propia, con datos de la empresa

### 6.1.2 Producción Básica

En la producción básica la materia prima preparada es transformada en un producto denominado producto básico. Del equipo básico algunos productos salen con todas las operaciones necesarias ya hechas en línea. El producto básico sale como producto terminado directo. Otros que salen con la necesidad de pasar por procesos adicionales, porque algunas operaciones se hacen después de salir de la línea, son denominados productos en proceso. El peso y la cantidad del producto terminado directo y producto en proceso son determinados después de su producción en el proceso básico. La suma de productos terminados directos y productos en proceso es denominada producción básica. En los reportes de la fábrica de los años: 2017, 2018 y 2019 (cuadro 3, cuadro 4 y cuadro 5) , se determina que la línea 1, es la de mayor participación en el proceso productivo con el 35%, seguido de la línea 7 con un 18% de la participación (cuadro 6).

**Cuadro 3. Resultados de producción 2017**

Mes	Toneladas (Ton)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
Ene	191	173	147	-	131	135	171	949
Feb	111	166	231	-	126	149	163	947
Mar	249	159	113	-	119	133	152	925
Abr	79	146	73	-	127	128	165	717
May	213	104	-	-	98	115	122	651
Jun	155	188	-	-	64	85	164	656
Jul	200	158	-	-	0	88	130	576

Ago	319	152	-	-	-	155	167	792
Set	368	134	-	-	-	154	164	819
Oct	392	180	-	-	109	141	156	978
Nov	329	194	-	-	-	137	192	852
Dic	444	167	-	-	127	135	165	1,037
<b>Total</b>	<b>3,049</b>	<b>1,920</b>	<b>565</b>	<b>-</b>	<b>901</b>	<b>1,554</b>	<b>1,911</b>	<b>9,900</b>

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

**Cuadro 4. Resultados de producción 2018**

Mes	Toneladas (Ton)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
Ene	328	145	-	-	-	125	156	755
Feb	223	150	-	-	-	125	118	616
Mar	358	-	-	170	28	134	154	844
Abr	242	-	-	115	106	112	116	690
May	257	-	-	141	113	132	166	809
Jun	373	-	-	163	97	135	153	922
Jul	348	-	-	138	77	139	76	778
Ago	399	-	-	152	114	146	99	910
Set	343	-	-	158	116	121	91	828
Oct	346	-	-	160	114	141	154	916
Nov	301	-	-	157	98	126	137	819
Dic	293	-	-	162	116	134	123	828
<b>Total</b>	<b>3,811</b>	<b>295</b>	<b>-</b>	<b>1,516</b>	<b>979</b>	<b>1,570</b>	<b>1,543</b>	<b>9,715</b>

Fuente: Elaboración propia, con datos de la empresa



Cuadro 5. Resultados de producción 2019

Mes	Toneladas (Ton)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
Ene	160	-	-	177	115	134	168	754
Feb	176	-	-	156	106	123	140	700
Mar	221	-	-	167	94	141	188	811
Abr	352	-	-	154	100	68	150	825
May	405	-	-	173	88	132	144	947
Jun	419	-	-	213	108	120	185	1,045
Jul	454	-	-	186	123	111	133	1,007
Ago	408	-	-	185	120	150	207	1,070
Set	421	-	-	205	143	132	172	1,073
Oct	267	-	-	180	156	132	194	929
Nov	391	-	-	141	87	109	154	883
Dic	234	-	-	128	69	111	123	666
<b>Total</b>	<b>3,910</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,065</b>	<b>1,311</b>	<b>1,462</b>	<b>1,957</b>	<b>10,711</b>

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

**Cuadro 6. Resultado comparativo de producción 2017 al 2019**

Año	Toneladas (Ton)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
2017	3,049	1,920	565	-	901	1,554	1,911	9,900
2018	3,811	295	-	1,516	979	1,570	1,543	9,715
2019	3,910	-	-	2,065	1,311	1,462	1,957	10,705
<b>Total</b>	<b>10,769</b>	<b>2,216</b>	<b>565</b>	<b>3,582</b>	<b>3,191</b>	<b>4,586</b>	<b>5,412</b>	<b>30,320</b>
<b>%</b>	<b>36%</b>	<b>7%</b>	<b>2%</b>	<b>12%</b>	<b>11%</b>	<b>15%</b>	<b>18%</b>	<b>100%</b>

### 6.1.3 Scrap

El scrap es generado durante la producción básica, procesos adicionales, procesos especiales, manejo, transporte, almacenamiento y devolución de los productos. El scrap es de la producción propia y de productos propios. Para el caso de la investigación se ha considerado el scrap básico, formado durante la producción básica: Productos fuera de norma, scrap de arranques y paros, viruta, productos usados en el laboratorio para ensayos destructivos, recortes y otros. El peso del scrap incluye cualquier scrap inservible generado en el proceso básico.

Cuadro 7. Resultado de Scrap 2017

Mes	Toneladas (Ton)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
Ene	5	5	3	-	4	6	7	31
Feb	2	6	8	-	4	3	9	33
Mar	10	7	2	-	5	3	8	36
Abr	4	6	3	-	5	5	9	31
May	38	9	-	-	5	7	10	68
Jun	9	10	-	-	4	3	9	34
Jul	13	10	-	-	-	4	10	37
Ago	17	8	0	-	-	3	10	38
Set	13	13	-	-	-	4	11	40
Oct	17	10	-	-	3	3	12	46
Nov	17	11	-	-	-	6	10	43
Dic	28	7	-	-	4	7	14	59
<b>Total</b>	<b>172</b>	<b>102</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>35</b>	<b>53</b>	<b>119</b>	<b>497</b>

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

Cuadro 8. Resultado de Scrap 2018

Mes	Toneladas (Ton)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
Ene	13	9		-	-	4	13	40
Feb	4	6		-	-	4	17	31
Mar	9	-		7	2	6	12	36
Abr	17	-		5	5	6	15	47
May	20	-		5	3	4	9	42
Jun	19	-		9	4	5	14	51
Jul	16	-		8	4	4	8	40
Ago	24	-		11	6	6	6	53
Set	20	-		7	6	5	6	45
Oct	14	-		9	5	5	10	42
Nov	14	-		5	5	4	10	38
Dic	9	-		5	4	4	11	32
<b>Total</b>	<b>179</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>72</b>	<b>43</b>	<b>57</b>	<b>132</b>	<b>498</b>

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

Cuadro 9. Resultado de Scrap 2019

Mes	Toneladas (Ton)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
Ene	13	-	-	7	7	4	8	40
Feb	15	-	-	7	4	3	5	34
Mar	12	-	-	6	5	4	8	35
Abr	12	-	-	7	4	3	9	35
May	20	-	-	6	5	7	10	48
Jun	20	-	-	35	5	6	5	71
Jul	12	-	-	9	5	7	5	38
Ago	21	-	-	34	6	7	6	73
Set	25	-	-	10	5	3	7	50
Oct	22	-	-	9	6	6	8	50
Nov	28	-	-	11	4	3	12	57
Dic	4	-	-	4	4	4	5	20
<b>Total</b>	<b>204</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>143</b>	<b>61</b>	<b>57</b>	<b>87</b>	<b>553</b>

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

Cuadro 10. Resultado comparativo de Scrap del 2017 al 2019

Año	Toneladas (Ton)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
2017	172	102	16	-	35	53	119	497
2018	179	15	-	72	43	57	132	498
2019	204	-	-	143	61	57	87	553
<b>Total</b>	<b>555</b>	<b>118</b>	<b>16</b>	<b>215</b>	<b>138</b>	<b>167</b>	<b>338</b>	<b>1,547</b>
<b>%</b>	<b>36%</b>	<b>8%</b>	<b>1%</b>	<b>14%</b>	<b>9%</b>	<b>11%</b>	<b>22%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

Cuadro 11. Resultado de causales de scrap 2017 al 2019 Línea 1

Cod	Descripción	Scrap (Kilos)			Total	Pareto
		2017	2018	2019		
1059	Inicio y fin de medida	46,165	60,816	67,240	174,221	31%
<b>1068</b>	<b>Arranque y parada de planta</b>	<b>36,782</b>	<b>29,508</b>	<b>35,403</b>	<b>101,692</b>	<b>50%</b>
1074	Perfil de proceso	31,355	22,021	27,896	81,272	64%
1002	Compuesto	19,954	13,950	27,062	60,965	75%
1050	Energía Eléctrica Externa	6,608	15,775	14,090	36,473	82%
1003	Contaminado	17,115	668	3,051	20,834	86%
1060	Limpieza filtro bomba	551	7,183	953	8,687	87%
1040	Falla eléctrica sacador	1,080	3,204	2,479	6,763	88%
1055	Instrumento descalibrado		100		100	100%
1044	Falla eléctrica acampanadora		93		93	100%
1064	Muestras		3		3	100%
		<b>172,010</b>	<b>178,654</b>	<b>204,406</b>	<b>555,070</b>	

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

### 6.1.4 Disponibilidad

Son las horas durante las cuales el equipo básico es parado debido a los cambios y ajustes en cambio de producto, paros por mantenimiento correctivo y preventivo no programados por falla o daño de equipos.

**Cuadro 12. Resultado de horas de mantenimiento 2017**

Mes	Hora Maquina (H-m)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
Ene	45	87	75	-	14	45	68	334
Feb	59	73	27	-	25	28	79	290
mar	37	74	12	-	36	40	77	277
Abr	4	135	2	-	90	79	42	351
May	20	130	-	-	30	53	75	308
Jun	26	57	-	-	65	107	68	323
Jul	41	41	-	-	-	29	58	168
Ago	18	28	-	-	-	6	22	74
Set	76	91	-	-	-	18	74	259
Oct	19	34	-	-	6	12	62	133
Nov	29	19	-	-	-	47	59	154
Dic	18	11	-	-	10	20	91	150
<b>Total</b>	<b>391</b>	<b>778</b>	<b>116</b>	<b>-</b>	<b>277</b>	<b>482</b>	<b>775</b>	<b>2820</b>

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

Cuadro 13. Resultado de horas de mantenimiento 2018

Mes	Hora Maquina (H-m)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
Ene	25	81	-	-	-	45	55	206
Feb	12	65	-	-	-	5	148	230
mar	89	123	-	-	14	8	191	424
Abr	-	269	-	-	3	5	147	423
May	-	23	-	-	-	11	13	46
Jun	32	50	-	-	10	23	1	116
Jul	14	58	-	-	10	13	78	172
Ago	57	157	-	-	35	17	43	308
Set	25	84	-	-	8	3	10	129
Oct	36	122	-	-	60	16	109	343
Nov	15	35	-	-	37	23	74	184
Dic	4	82	-	-	10	14	56	165
<b>Total</b>	<b>308</b>	<b>1,147</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>185</b>	<b>181</b>	<b>923</b>	<b>2,744</b>

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa



Cuadro 14. Resultado de horas de mantenimiento 2019

Mes	Hora Maquina (H-m)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
Ene	20	-	-	112	28	32	48	240
Feb	30	-	-	91	48	43	16	227
Mar	6	-	-	121	38	37	20	221
Abr	40	-	-	101	33	40	78	291
May	24	-	-	31	20	44	39	158
Jun	15	-	-	28	22	12	86	163
Jul	9	-	-	72	16	52	51	201
Ago	25	-	-	141	33	30	18	246
Set	8	-	-	43	20	18	16	105
Oct	50	-	-	138	5	24	72	289
Nov	36	-	-	16	-	4	140	196
Dic	18	-	-	72	59	17	40	206
<b>Total</b>	<b>279</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>966</b>	<b>323</b>	<b>353</b>	<b>624</b>	<b>2,545</b>

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

Cuadro 15. Resultado comparativo de mantenimiento 2017 al 2019

Año	Hora Maquina (H-m)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
2017	391	778	116	-	277	482	775	2,820
2018	308	1,147	-	-	185	181	923	2,744
2019	279	-	-	966	323	353	624	2,545
<b>Total</b>	<b>245</b>	<b>481</b>	<b>29</b>	<b>242</b>	<b>196</b>	<b>254</b>	<b>581</b>	<b>2,027</b>
<b>%</b>	<b>12%</b>	<b>24%</b>	<b>1%</b>	<b>12%</b>	<b>10%</b>	<b>13%</b>	<b>29%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

### 6.1.5 Rendimiento

Son las horas durante las cuales el equipo básico es utilizado para procesar el material, las horas adicionales pueden darse como consecuencia de poner en funcionamiento el equipo a una velocidad menor a la velocidad objetivo-planeada y regularmente son las más importantes a tratar debido al impacto en la eficiencia operativa. La perdida por rendimiento son las horas efectivas que pierde por operar la línea por debajo del rendimiento nominal del fabricante ajustado a la mixtura de productos asignados a la línea y a la realidad de la planta.

Cuadro 16. Resultado de Rendimiento 2017

Mes	Rendimiento Kilos por hora (Kg/h)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
Ene	721	338	539	-	231	230	330	347
Feb	739	356	616	-	238	248	343	364
Mar	777	333	558	-	231	240	332	364
Abr	716	357	526	-	233	235	333	319
May	764	361	-	-	229	235	339	351
Jun	728	366	-	-	228	232	346	353
Jul	707	347	-	-	-	236	333	380
Ago	753	309	-	-	-	238	332	380
Set	739	304	-	-	-	245	329	393
Oct	751	360	-	-	223	239	326	376
Nov	744	357	-	-	-	241	324	393
Dic	744	326	-	-	226	240	314	373
<b>Total</b>	<b>743</b>	<b>342</b>	<b>570</b>	<b>-</b>	<b>230</b>	<b>239</b>	<b>331</b>	<b>366</b>

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

Cuadro 17. Resultado de Rendimiento 2018

Mes	Rendimiento Kilos por hora (Kg/h)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
Ene	731	-	-	312	-	241	317	388
Feb	754	-	-	336	-	243	287	366
Mar	755	-	-	343	268	240	300	389
Abr	753	-	-	311	224	230	280	332
May	760	-	-	300	218	242	308	333
Jun	764	-	-	312	225	241	301	364
Jul	719	-	-	330	222	242	293	369
Ago	781	-	-	322	219	243	290	369
Set	779	-	-	332	229	254	313	375
Oct	813	-	-	327	228	259	318	371
Nov	738	-	-	345	233	245	327	367
Dic	738	-	-	368	217	240	317	354
<b>Total</b>	<b>757</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>328</b>	<b>225</b>	<b>243</b>	<b>305</b>	<b>364</b>

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

Cuadro 18. Resultado de Rendimiento 2019

Mes	Rendimiento Kilos por hora (Kg/h)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
Ene	675	0	0	322	211	229	291	302
Feb	778	0	0	355	229	253	336	346
Mar	798	0	0	347	246	280	323	364
Abr	763	0	0	336	229	267	334	400
May	819	0	0	359	226	282	346	421
Jun	857	0	0	461	245	275	368	448
Jul	832	0	0	415	246	260	370	442
Ago	832	0	0	422	259	263	367	424
Set	849	0	0	463	267	289	372	448
Oct	793	0	0	389	279	280	354	390
Nov	827	0	0	497	277	291	355	469
Dic	728	0	0	403	290	296	370	420
<b>Total</b>	<b>806</b>			<b>392</b>	<b>248</b>	<b>270</b>	<b>347</b>	<b>405</b>

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

Cuadro 19. Resultado comparativo de Rendimiento 2017 al 2019

Año	Rendimiento Kilos por hora (Kg/h)							Total
	L #1	L #2	L #3	L #4	L #5	L #6	L #7	
2017	743	342	570		230	239	331	366
2018	757			328	225	243	305	364
2019	806			392	248	270	347	405
<b>Total</b>	<b>769</b>	<b>342</b>	<b>570</b>	<b>360</b>	<b>235</b>	<b>251</b>	<b>328</b>	<b>378</b>
<b>%</b>	<b>203%</b>	91%	151%	95%	62%	66%	87%	100%

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

## 6.2 Aplicación de Metodología 5's

La metodología 5's es una serie de actividades que se desarrollan con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de las labores de forma organizada, ordenada y limpia. Un factor de importancia para la aplicación de la metodología 5's es la participación voluntaria y activa de los trabajadores de la línea. Donde la capacitación es una de las actividades primarias para la aplicación metodológica.

### **Objetivos:**

Incremento de calidad

Incremento en productividad

Incremento de seguridad en el puesto de trabajo

Optimización del área de trabajo requerido

***Enfoque para lograr los objetivos de la metodología***

1. Tiempo de reparación sin control, es el tiempo usado en buscar las herramientas necesarias para realizar una actividad.
2. Materiales y productos defectuoso, los defectos serán visibles en una planta limpia.
3. Área de trabajo sin orden, el orden y limpieza incrementan la eficiencia de la operación.
4. Retraso en tiempo, para la entrega a tiempo de los productos las entradas en el proceso deben de ser fluido.
5. Condiciones inseguras, al tener un accidente las personas, materiales, equipos y ambiente por condiciones inseguras genera paradas en las actividades que se traduce en incrementos de costos y demoras en tiempos de entrega.

Cuadro 20. Plan de implementación Metodología 5's en Línea 1

AREA	ACTIVIDADES	DESCRIPCION	M1				M2				M3				M4				M5				M6			
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
L 1	PREPARATIVOS	Designación de Objetivos, Capacitación a líderes, Auditoria de diagnostico inicial																								
	CAPACITACION	Capacitación a trabajadores de la Línea #1 y moldes	G	G			O	O			L	L			E	E			S	S						
	GANAR ESPACIO	<b>Seiri:</b> Gran Limpieza y registro de tarjetas rojas																								
	ORGANIZAR	<b>Seiton:</b> Organizar según frecuencia de uso, organizadores, ayudas visuales																								
	LMPIAR	<b>Seiso:</b> Identificación de fuentes de suciedad y lugares de difícil acceso, programa de limpieza																								
	STANDARIZAR	<b>Seiketz:</b> Integración en el sistema, inspecciones de orden y limpieza																								
	SOSTENER	<b>Shitsuke:</b> Charlas de seguimiento, reconocimiento y certificación																								
	AUDITORIA	Auditorias de correcta implementación					G				O				L				E				S			

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa



### 6.2.1 Diagnostico de Aplicación de Metodología 5's

Para un levantamiento inicial de información referidos a el conocimiento de la metodología 5's, se ha elaborado un formato de evaluación de la situación actual de la línea 1. Considerando que el personal ha recibido capacitaciones e inducciones referidos a sistemas de gestión integrado, buenas prácticas de manufactura de acuerdo con sus antecedentes de capacitación. En base al diagnóstico se registra el no cumplimiento a los objetivos planteados por la metodología 5's. Los espacios no están señalizados, no se especifica una estructura orden en la línea, no se ha definido un modelo estándar de limpieza, no se evidencia un criterio estandarizado en la línea, no se evidencia un mecanismo de seguimiento y evaluación.

*Cuadro 21. Estado inicial de metodología 5's en Línea 1*

5's	OBJETIVO	UTILIDAD	CUMPLE	
			SI	NO
Seiri	Clasificación: Separar lo innecesario	Ganar espacio		X
Seiton	Orden: Organizar el espacio	Ordenar		X
Seiso	Limpieza: Suprimir suciedad	Limpiar		X
Seiketsu	Estandarización: Prevenir la aparición del desorden	Estandarización		X
Shitsuke	Seguimiento: Para la mejora	Sostenimiento		X

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

*Cuadro 22. Auditoria inicial de Implementación metodología 5's*

ÁREA	Seleccionar	Ordenar	Limpiar	Estandarizar	Sostener	GRAL
Línea 1 PVC	16.7%	50.0%	41.7%	12.5%	16.7%	30.8%
					<b>Promedio:</b>	<b>30.8%</b>

Fuente. Elaboración propia con datos de la empresa

### **6.2.2 Planificación de Metodología 5's**

El proceso productivo se desarrolla durante las 24 horas en tres turnos con equipos multifuncionales, liderados por el supervisor de turno, los 6 días de la semana, los días domingo las actividades en planta se programan de acuerdo con los requerimientos comerciales. Se tiene un programa contemplado para el mes completo con programación de producción de dos domingos al mes. La planificación de las capacitaciones e implementación de la metodología 5's se ha configurado los lunes de cada parada de planta. Se junta en horario de oficina al personal de la línea de los tres turnos, supervisor, operadores, personal de mantenimiento y ayudantes. Todo el lunes no se programa actividades de producción, se dedica a capacitación y ejecución de los pasos de la metodología 5's.



**Figura 24. Reunión de Capacitación 5's** Elaboración propia

### **6.2.3 Secuencia de Aplicación de Metodología 5's**

#### **1° Seleccionar – SEIRI:**

*Distinguir entre lo Necesario de lo Innecesario.*

Se revisa el área de trabajo para separar lo que realmente se necesita y separar lo que no se utiliza y no sirve para la actividad y para el área. Se etiqueta con rojo las que no sirven y las innecesarias. Las

que no sirven se desechan y se define que se realizaran con las que no se utilizan precisando fecha y responsables.

## **2° Ordenar - SEITON**

*Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar*

En esta etapa el equipo define un lugar específico para los elementos necesarios de la línea, de manera que el operador, ayudante y supervisor puedan ubicarlo con prontitud. Al utilizarlos retornen al lugar definido debidamente rotulado. La disponibilidad estará fijada por su frecuencia de uso: varias veces al día, varias veces a la semana, algunas veces al mes, algunas veces al año y las que posiblemente se puedan usar.

## **3° Limpiar - SEISO**

*Más importante que limpiar es no ensuciar*

En esta etapa el equipo toma conciencia de no ensuciar, para fomentar la cultura de limpieza la dirección comunicada es no tolerar el polvo en las maquinas, generalmente el compuesto de la línea al ser transportado en forma neumática genera polvo en el proceso. Se ha entregado equipos de limpieza para que en forma diaria puedan limpiar las máquinas y se conserve el estándar. Cada colaborador de línea revisa al ingreso y a la salida del turno. Se ha definido la limpieza general de la línea los lunes en el primer turno y limpieza general cada trimestre donde se juntan los tres turnos.

#### **4° Estandarizar - SEIKETSU**

*Todo siempre igual a lo establecido*

En esta etapa se la consolidación del sistema, se escribe los procedimientos, las frecuencias y los responsables para integrarlo al sistema de gestión de la empresa. Lo que no se escribe es muy débil el cumplimiento. En esta parte se ha precisado el plan de limpieza diario, semanal y anual. Los implementos, depósitos y demarcación de estos bajo un enfoque de identidad organizacional.


#### **5° Sostener - SEIKETSU**

*Habito de mantener correctamente los procedimientos apropiados*


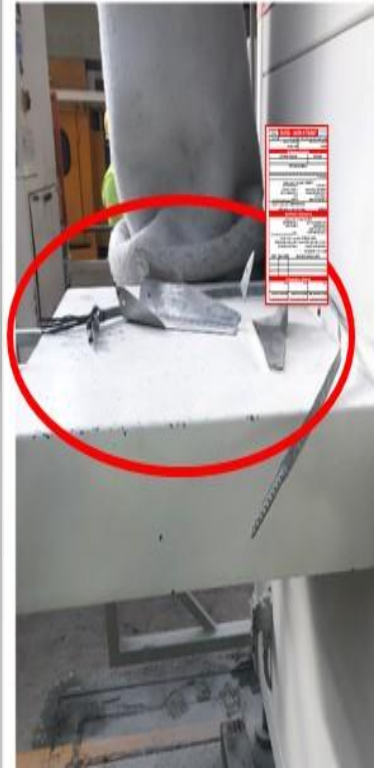
En esta etapa el equipo tiene que generar conciencia y el compromiso constante de los integrantes para sostener los procedimientos y cumplir con los objetivos establecidos en la etapa de planificación. Los pasos para esta parte son: cumplimiento de los estándares establecido en el puesto y área de trabajo. Realizar las auditorias programadas, participar activamente en la promoción de las 5's. Difundir y entrenar al personal que se desvía del cumplimiento a lo establecido, al personal nuevo, practicantes y personal contratista. Concientización en usar la filosofía de mejora continua bajo el enfoque de la planificación, el hacer, el controlar y la acción.

#### 6.2.4 Ejecución de Aplicación de Metodología 5's

Se registran los pasos de la aplicación orientado a limpiar, ordenar, estandarizar, sostener y la celebración del logro en equipo.

Tarjeta roja 1	Tarjeta roja 2
	
Filtros de cortadora fuera de su ubicación	Manual de operación fuera de ubicación

*Figura 25. Orden de sacos de cortadora. Elaboración Propia*



Tarjeta roja 3	Tarjeta roja 4
	
Tablero de herramientas fuera de estándar	Condiciones no estándar

*Figura 26. Orden de elementos fuera de estándar. Elaboración Propia*

Limpieza 1	Limpieza 2
	
Aspiración de polvo en componentes estructurales	Limpieza para señalización de línea

*Figura 27. Limpieza de máquina.* Elaboración Propia



Antes de ordenar	Después de ordenar
	
Fundas fuera de lugar	Fundas ubicadas en su lugar

*Figura 28. Corrección de orden.* Elaboración Propia

Estandarizar 1	Estandarizar 2
	
Elementos de Línea en resguardo	Tablero de Línea

*Figura 29. Estandarización de tableros. Elaboración Propia*

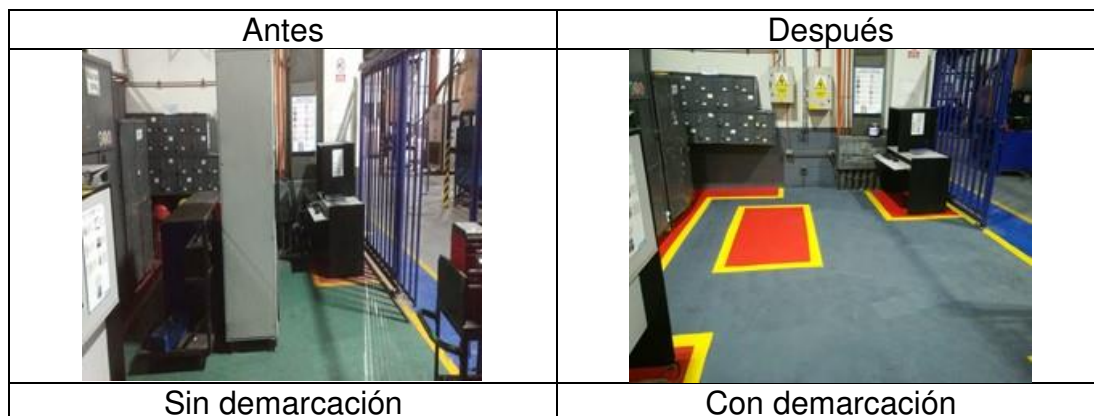


Figura 30. **Señalización.** Elaboración Propia

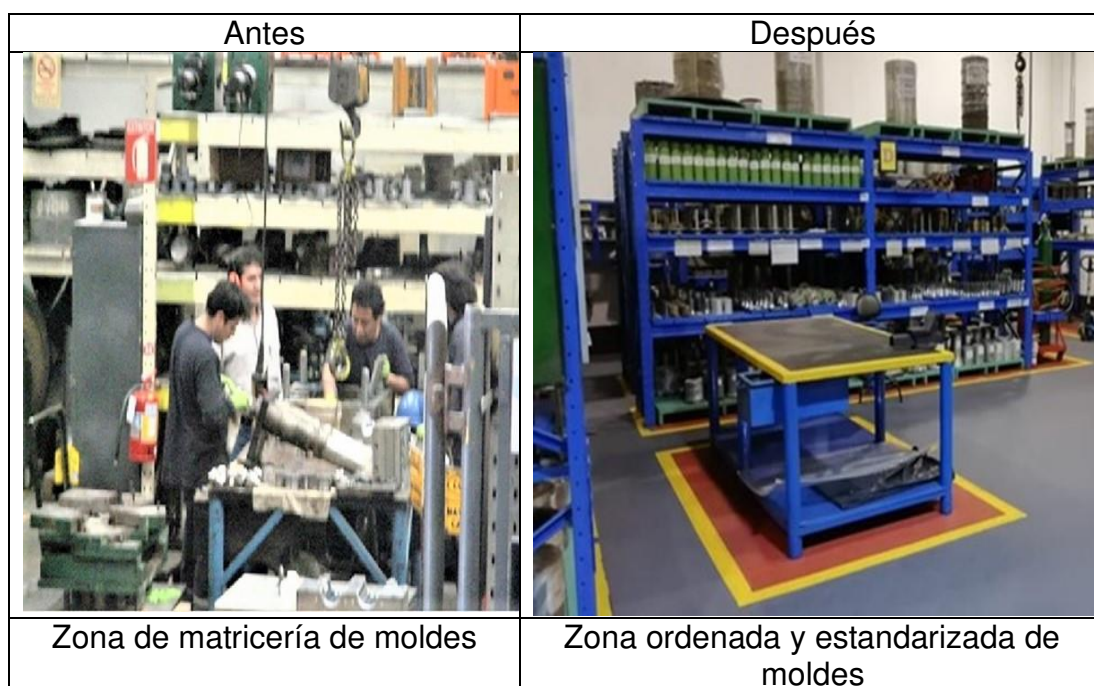


Figura 31. **Estandarización de puesto.** Elaboración Propia

Estandarización de tableros de herramientas	Estandarización de área
	
Herramientas	Moldes

*Figura 32. Sostenimiento de estandar.* Elaboración Propia



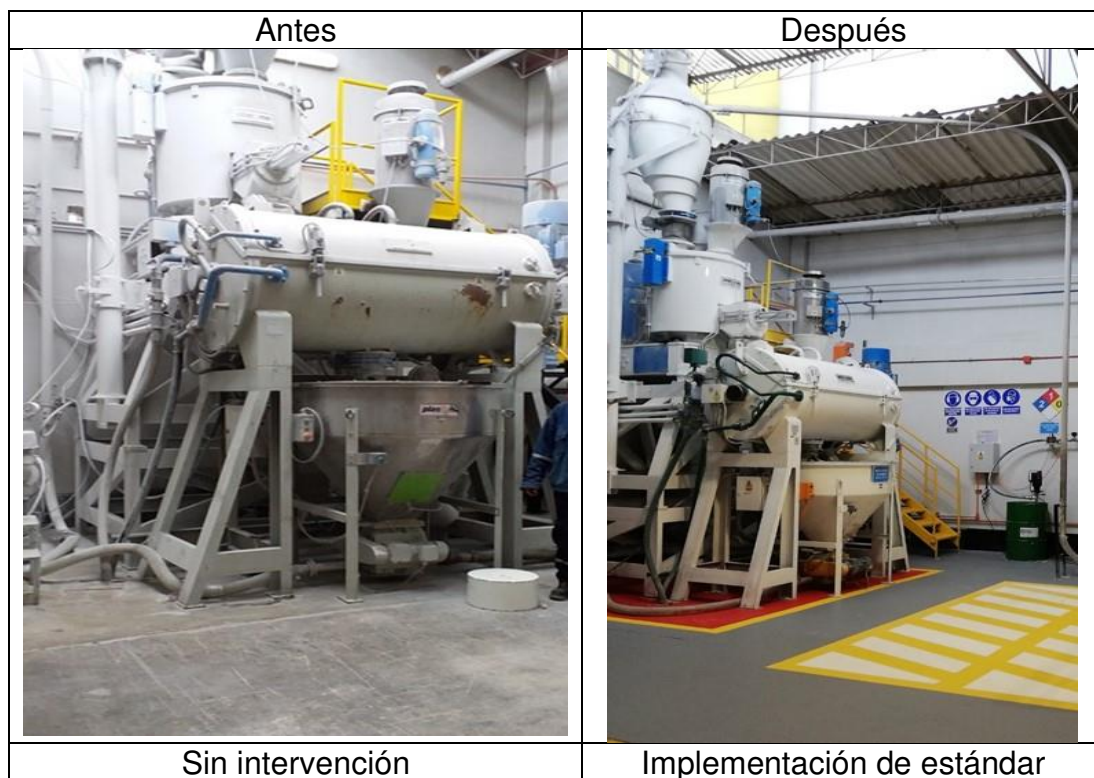


Figura 33. **Mejora de estándar.** Elaboración Propia



Figura 34. **Auditoria de moldes.** Elaboración Propia

ACTIVIDADES	GANAR ESPACIOS	ORGANIZAR	LIMPIEZA	ESTANDARIZAR	SOSTENER
Designación de líderes					
Auditoria de diagnóstico					
Capacitación GANAR ESPACIO al Personal de Línea					
Gran Limpieza					
Registro de tarjetas rojas					
Implementación de acciones de tarjetas rojas					
Auditoria de Implementación					
Capacitación ORGANIZAR al personal					
Organización según frecuencia de uso					
Implementación de organizadores					
Celebración del logro					

*Figura 35. Tablero de desempeño. Elaboración propia*

### 6.2.5 Resultados de Aplicación de Metodología 5's

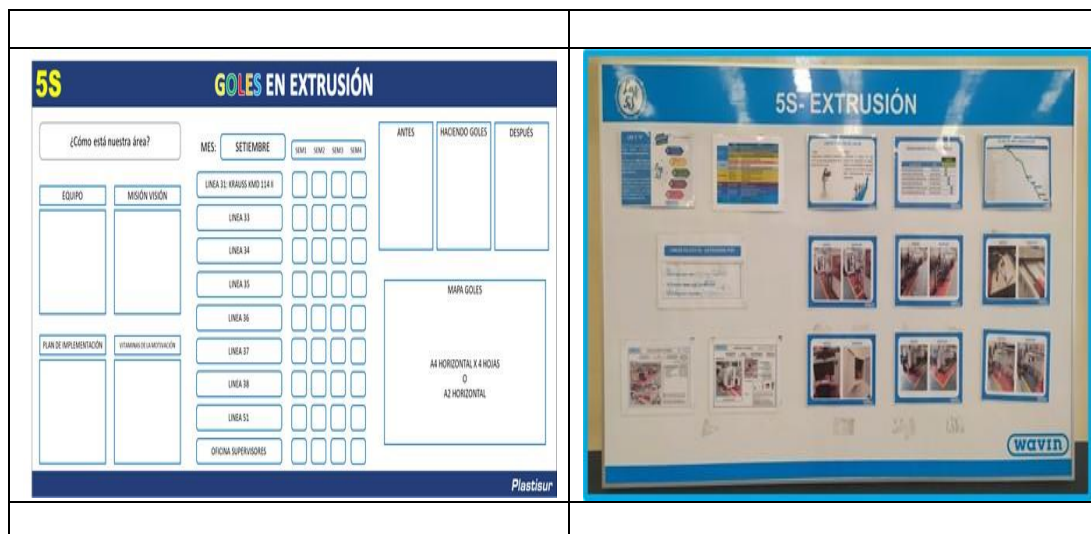


Figura 36. Tablero de información. Elaboración Propia

ESCALA						
No cumple	0					
Cumplimiento mínimo	1					
Cumple	2					
Sobresaliente	3					

Figura 37. Tablero de desempeño por áreas. Elaboración Propia

Cuadro 23. Estado final de Implementación metodología 5's

5's	OBJETIVO	UTILIDAD	CUMPLE	
			SI	NO
Seiri	Clasificación: Separar lo innecesario	Ganar espacio	OK	
Seiton	Orden: Organizar el espacio	Ordenar	OK	
Seiso	Limpieza: Suprimir suciedad	Limpiar	OK	
Seiketzu	Estandarización: Prevenir la aparición del desorden	Estandarización	OK	
Shitsuke	Seguimiento: Para la mejora	Sostenimiento	OK	

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

Cuadro 24. Auditoria final de Implementación metodología 5's

ÁREA	Seleccionar	Ordenar	Limpiar	Estandarizar	Sostener	GRAL
Línea 1 PVC	91.7%	71.4%	91.7%	100.0%	83.3%	86.5%
					<b>Promedio:</b>	<b>86.5%</b>

Fuente: Elaboración propia,  
con datos de la empresa

La aplicación de la metodología 5's ha permitido reducción de la generación de Scrap en la línea 1 en un 11%, ha permitido la generación de un entorno seguro por temas de accidentabilidad e incremento de la productividad. Adicionalmente se tiene los beneficios que el personal se siente ampliamente identificado con su línea de producción al comprobarse la mayor participación en las actividades de orden y limpieza. Mayor calidad al no



reportarse reclamos por clientes externos. El incremento de volumen de producción al no tener mermas el tiempo de procesamiento se traduce en procesamiento de productos terminados. Incrementado la disponibilidad de productos a comercializar. Al tener la línea limpia y ordenada se incrementa la vida útil de los equipos. Redondeando el beneficio en una cultura organizacional de alta eficiencia.

*Cuadro 25. Evaluación de mejora de Scrap Línea 1*

Cod	Descripción	Promedio mensual de Scrap (Kilo)				Mejora (%)
		2017	2018	2019	2020	
1059	Inicio y fin de medida	3,847	5,068	5,603	2,203	39%
<b>1068</b>	<b>Arranque y parada de planta</b>	<b>3,065</b>	<b>2,459</b>	<b>2,950</b>	<b>2,621</b>	<b>89%</b>
1074	Perfil de proceso	2,613	1,835	2,325	2,194	94%
1002	Compuesto	1,663	1,162	2,255	1,206	53%
1050	Energía Eléctrica Externa	551	1,315	1,174	215	18%
1003	Compuesto contaminado	1,426	56	254	185	73%
1067	Vacío cilindro	9	-	-	-	0%
1055	Instrumento descalibrado	-	8	-	-	0%
1036	Falla eléctrica impresora	-	-	-	12	0%
1064	Muestras calidad de producto	-	0	-	-	0%
		<b>14,334</b>	<b>14,888</b>	<b>17,034</b>	<b>11,397</b>	<b>67%</b>

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa



*Figura 38. Reunión diaria.* Elaboración Propia

### 6.3 Aplicación de Mantenimiento Autónomo

El trabajo en el proceso por parte de operador de producción es la operatividad propia de la línea extrusora para ello una función clave es la parametrización y configuración del panel de control que garantiza la homogeneidad del proceso. Su responsabilidad es la verificación y corrección de los parámetros ante una desviación del estándar para garantizar la continuidad y estabilización del proceso. El trabajador traslada su producción, entrega y registra en el sistema de información empresarial. Una función de responsabilidad es la LIMPIEZA de la línea de producción. Bajo el enfoque de fomentar la cultura lean, la empresa ha implementado un plan de implementación que consiste en juntar a los operadores de los tres turnos el primer lunes de cada mes para capacitarse luego limpia, inspecciona, etiquetar con tarjetas rojas las condiciones substandar de la línea y termina con una sesión de fotos para registrar la jornada.



*Figura 39. Pasos del Mantenimiento Autónomo. Elaboración Propia.*

#### **Objetivos de Mantenimiento Autónomo:**

- Conseguir que los operadores y todos los colaboradores se interesen y responsabilicen por su línea.
- Reducción de averías horas de mantenimiento y formación de operadores que comprendan y dominen su línea.
- Organización robusta y cultura de que cada lugar de trabajo sea capaz de autocontrolarse.

### 6.3.1 Diagnostico de Aplicación de Mantenimiento Autónomo

		PLAN DE MANTENIMIENTO 2018										MEXICHEM F-M-06-AGP VERSION: 01 FECHA: 04.07.16			
EMPRESA / SEDE: TUBERIAS Y GEOSISTEMAS DEL PERU S.A.		SEDE:					AREQUIPA					NUMERO DE PAGINAS: 12			
ELABORADO POR: ASISTENTE DE MANTENIMIENTO		APROBADO POR:					JEFE DE MANTENIMIENTO								
RESPONSABLE: ASISTENTE DE MANTENIMIENTO		REVISADO/APROBADO POR: JEFE DE MANTENIMIENTO										FECHA: 2018/05/28			
MÁQUINA Y ACTIVIDADES		FRECUENCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
REVISIÓN SEMANAL EN CASA DE MÁQUINAS															
Bombas de repostería de agua a oficinas de planta															
Revisión de estado de motor y conexiones eléctricas		of 1 semana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Verificar presión de bombeo, fugas y presencia de corrosión en sistema de bombeo			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Verificar el estado del cuerpo de la bomba hidráulica			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Bombas Primarias (10.5 Kw)															
Verificar el correcto funcionamiento		of 1 semana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Revisión de estado de acoples mecánicos			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Verificar presión de bombeo, fugas y presencia de corrosión en sistema de bombeo			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Revisión de estado de conexiones eléctricas y tablero de bombas primarias			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Bombas Secundarias 01 (22 Kw)															
Verificar el correcto funcionamiento		of 1 semana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Revisión de estado de acoples mecánicos			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Verificar presión de bombeo, fugas y presencia de corrosión en sistema de bombeo			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Revisión de estado de conexiones eléctricas y tablero de bombas primarias			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Bombas de Inyección 02															
Verificar el correcto funcionamiento		of 1 semana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Revisión de estado de acoples mecánicos			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Verificar presión de bombeo, fugas y presencia de corrosión en sistema de bombeo			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Revisión de estado de conexiones eléctricas y tablero de bombas primarias			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Bombas de sello 02															
Verificar el correcto funcionamiento		of 1 semana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Revisión de estado de acoples mecánicos			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Verificar presión de bombeo, fugas y presencia de corrosión en sistema de bombeo			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Revisión de estado de conexiones eléctricas y tablero de bombas primarias			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Bombas de sumidero 01															
Verificar el correcto funcionamiento		of 1 semana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Revisión de estado de acoples mecánicos			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Verificar presión de bombeo, fugas y presencia de corrosión en sistema de bombeo			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Revisión de estado de conexiones eléctricas y tablero de bombas primarias			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Figura 40. Plan de mantenimiento. Elaboración Propia

### 6.3.2 Planificación de Mantenimiento Autónomo

Se ejecutaron capacitaciones y entrenamientos en los pasos del mantenimiento autónomo, se realizaron eventos de lanzamiento mediante limpieza inicial y colocación de tarjetas rojas en las partes anormales de la línea.

MES	L31	L32	L35	L36	L37	L51	MOL	MEZ	ROT	MTO	L33/L34	TOTAL	Cumplimiento Plan
Nov-19					x							1	100%
Dic-19								x				1	100%
Ene-20							x					1	100%
Feb-20												R	0%
Mar-20												R	Reprogramada
Abr-20												R	Reprogramada
May-20												R	Reprogramada
Jun-20												R	Inicio Actividades
Jul-20					x							1	100%
Ago-20	x								P			2	50%
Set-20			P				P					2	
Oct-20		P						P				2	
Nov-20				P						P		2	
Dic-20						P					P	2	
TOTAL												12	63%

*Figura 41. Programa de intervención. Elaboración Propia*

Cuadro 26. Plan de Mantenimiento Autónomo Línea 1

AREA	ACTIVIDADES	DESCRIPCION	M1				M2				M3				M4				M5				M6			
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
L 1	PREPARATIVOS	Designación de Objetivos, Capacitación a líderes, Auditoria																								
	CAPACITACION	Capacitación a trabajadores de la Línea #1 y moldes																								
		Limpieza inicial																								
		Contra medidas en las fuentes del Problema																								
		Estándares de limpieza y Lubricación																								
		Inspección general																								
		Inspección Autónoma																								
		Organización y Orden																								
		Autogestión																								
	AUDITORIA	Auditorias de																								
	ANALISIS	Objetivos y tarjetas rojas																								

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

### ***6.3.3 Secuencia de Aplicación de Mantenimiento Autónomo***

Conseguir que los operadores y todos los colaboradores se interesen y responsabilicen por su línea.

- Inspección y limpieza inicial
- Eliminación de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso
- Estándares preliminares de limpieza, lubricación y ajuste

Reducción de averías horas de mantenimiento y formación de operadores que comprendan y dominen su línea.

- Inspección general de equipo
- Inspección general autónoma

Organización robusta y cultura de que cada lugar de trabajo sea capaz de autocontrolarse.

- Aseguramiento de la calidad del proceso
- Control autónomo pleno

### 6.3.4 Ejecución de Aplicación de Mantenimiento Autónomo



Figura 42. **Capacitación en Mantenimiento Autónomo.** Elaboración Propia





*Figura 43. Limpieza se línea.* Elaboración Propia

Inspección	Inspección
	
Revisión de moldes	Limpieza de moldes

*Figura 44. Inspección de herramental.* Elaboración Propia



*Figura 45. Limpieza de componentes de línea. Elaboración Propia*




Antes	Etiquetar	Después
		
Condición de fallas	Reportar oportunidad de falla	Eliminación de falla

Figura 46. **Mejoramiento de tarjetas rojas.** Elaboración Propia



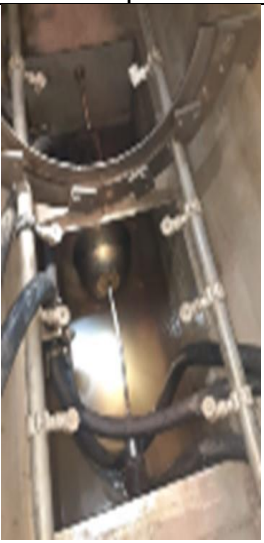
Antes	Acción	Después
		
Condición Potencia de falla	Reportar potencial	Eliminación

Figura 47. **Inspección y etiquetado oportunidades.** Elaboración Propia

### 6.3.5 Resultados de Aplicación de Mantenimiento Autónomo



Figura 48. Comité de Mantenimiento Autónomo. Elaboración Propia



*Figura 49. Tablero de Mantenimiento Autónomo. Elaboración Propia*



Inspección General Autónoma	Autocontrol
	
revisión de herramientas para atender fallo	Estándar implementado, cultura reforzada

**Figura 50. Estandarizar herramental para Mantenimiento Autónomo.**  
Elaboración Propia



**Figura 51. Trabajo en Equipo.** Elaboración Propia

## 6.4 Aplicación de Equipos Kaizen

Kaizen como definición practica quiere decir “Mejora continua” basado en un modelo sistémico de integración sistemática de mejora de la empresa, los procesos y de los individuos que hacen realidad las mejoras. Por su naturaleza metodológica el objetivo fundamental y principal es mejora para dar al cliente el mayor valor agregado. Mediante una mejora continua sistémica en términos de calidad, costos, tiempo de respuestas, variedad y satisfacción.

### ***Principios Kaizen:***

- Objetivos claros
- Trabajo en equipo
- Estricto enfoque en el tiempo
- Creatividad antes de capital
- Rápido y tosco en vez de lento y elegante
- Disponibilidad inmediata de los recursos necesarios
- Resultados inmediatos

### ***Enfoque de mejoras Kaizen:***

- Gemba: El lugar correcto, donde se presenta la acción a intervenir.



- Genbutsu: La cosa correcta. “Ir a ver” el fenómeno en donde se está realizando.
- Genjitsu: Recolecta los datos correctos, datos y hechos que se generan en el lugar donde se realiza el fenómeno.
- Genri: Principios de la operación, reconoce la teoría suscrita del fenómeno y ayuda a identificar el estado deseado.
- Gensoku: Estándares y parámetros o procedimientos, primero para identificar desviaciones y después para evitar la recurrencia.

***Herramientas básicas para Kaizen:***

- Los 5 por que
- Diagrama de causa y efecto
- Mapa de procesos
- Diagrama de espagueti
- Hoja de verificación
- Pareto
- Gráficos estadísticos
- Hojas de estandarización de procesos

***6.4.1 Diagnostico de Aplicación de Equipos Kaizen***

Evento Kaizen: en un evento formado por un pequeño grupo de personas altamente enfocados y orientados a la acción. Es una metodología que da energía a las personas para obtener resultados rápidos y tangibles. El proceso combina mejoras en las personas, materiales y en los equipos para lograr resultados mejorados.

### 6.4.2 Planificación de Equipos Kaizen

**Cuadro 27. Plan de implementación de Equipos Kaizen Línea 1**

AREA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN	M1				M2				M3			
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
L 1	ESTRATEGIA	Designación de Objetivos, Capacitación a líderes, priorización												
	ENTRENAMIENTO PARA LA ACCION	Entrenamiento en Lean Eliminación de desperdicios												
	LINEA BASE	Recorrido N° 1 por el proceso, Registro de desempeño y Cuantificar inventarios												
	MEJORAS A PRUEBA DE ERROR	Lluvia de ideas, 7 ideas o formas, Captura de "golpe rápido", Ordenar por largo plazo												
	IMPLEMENTAR MEJORAS	Esfuerzo enfocado, Mantenimiento disponible, Enfoque en Justo do It												
	OBSERVAR RESULTADOS	Recorrido N° 2 por el proceso, Identificar la mejora, Solicitar aceptación de cambios.												
	MEJORAR LAS MEJORAS	Implementar cambios, Centrarse en los residuos												
	CUANTIFICAR RESULTADOS	Documentar resultados, Establecer sistemas de seguimiento, Asegurar sostenibilidad												
	CELEBRAR ÉXITO	Premiar resultados, Crear impulso, Asegurar visibilidad												
	MEJORA CONTINUA	Evaluación de resultados y estrategia												

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

### 6.4.3 Secuencia de Aplicación de Equipos Kaizen



*Figura 52. Formato A3 de evento Kaizen. Elaboración Propia*

#### **6.4.4 Ejecución de Aplicación de Equipos Kaizen**

Se realizaron eventos Kaizen formado equipos multidisciplinarios, previamente capacitados, fomentando el aporte de ideas para que los análisis de los implementado se registren en el formato A3.

Se totalizaron 20 Eventos Kaizen cortos y 3 eventos Kaizen de 4 días.

**Cuadro 28. Plan de implementación equipos Kaizen Línea 1**

ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN	Acción	Semana 1					Semana 2				
			D1	D2	D3	D4	D5	D1	D2	D3	D4	D5
ESTRATEGIA	Designación de Objetivos, Capacitación a líderes, priorización	Formación de equipo: Cabezales										
ENTRENAMIENTO PARA LA ACCION	Entrenamiento en Lean Eliminación de desperdicios	Documentar rendimientos Análisis de flujo de valor										
LINEA BASE	Recorrido N° 1 por el proceso, Registro de desempeño y Cuantificar inventarios	Análisis de flujo de valor Análisis de tiempos actuales Visión de equipo N° 1										
MEJORAS A PRUEBA DE ERROR	Lluvia de ideas, 7 ideas o formas, Captura de "golpe rápido", Ordenar por largo plazo	Afinar la visión N°1 de equipo, Análisis de procesos adicionales										
IMPLEMENTAR MEJORAS	Esfuerzo enfocado, Mantenimiento disponible, Enfoque en Justo do It	Implementar propuesta, Planificar y Hacer										
OBSERVAR RESULTADOS	Recorrido N° 2 por el proceso, Identificar la mejora, Solicitar aceptación de cambios.	Verificar y Actuar										
MEJORAR LAS MEJORAS	Implementar cambios, Centrarse en los residuos	Seguimiento e informe de desempeño										
CUANTIFICAR RESULTADOS	Documentar resultados, Establecer sistemas de seguimiento, Asegurar sostenibilidad	Reporte de logros a toda la empresa										
CELEBRAR ÉXITO	Premiar resultados, Crear impulso, Asegurar visibilidad	Publicación en paneles de trabajo Premiar ( diplomas, distintivos)										
MEJORA CONTINUA	Evaluación de resultados y estrategia	Acuerdo para próximo evento										

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

#### 6.4.5 Resultados de Aplicación de Equipos Kaizen

**Cuadro 29. Resultado de evento Kaizen 1, en Línea 1**

OBJETIVO 1 Mejora de restricciones	KAIZEN L 1		
	Día 1	Día 2	Día 3
Mejora la calificación 5´S	30%	50%	70%
Sistema de alimentación	30%	50%	100%
Medición de conjunto de plastificación	0%	60%	100%
Cambio de bomba de tina de calibración	0%	100%	100%
Cambio de sellos de jalador	0%	100%	100%
Cambio de RPM de cortadora	10%	100%	100%
Cambio de acampanadora	20%	30%	100%
Medición de velocidad de línea (Kg/h)	0%	50%	100%

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

Cuadro 30. Resultado de evento Kaizen 2, en Línea 1

OBJETIVO 2 Incremento de rendimiento L1	KAIZEN L 1		
	Día 1	Día 2	Día 3
Mejora la calificación 5'S	30%	50%	70%
Mejorar lista de herramientas	20%	30%	100%
Mapeo del flujo de valor	20%	30%	50%
Equipos críticos: análisis de restricciones	0%	20%	100%
Ubicación de herramientas	10%	40%	70%
Evaluación de simultaneidad de cambios	10%	40%	70%
Reducir los problemas de material	20%	30%	60%
Elaboración de formato A3	0%	50%	100%

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

Cuadro 31. Resultado de evento Kaizen 3, en Línea 1

OBJETIVO 3 Tiempo de Lanzamiento de Línea	KAIZEN L1		
	Día 1	Día 2	Día 3
Mejora la calificación 5'S	30%	50%	70%
Análisis de actividades	10%	40%	100%
Análisis de materiales	20%	30%	50%
Evaluación de cabezal	20%	40%	100%
Listado de parámetros de trabajo	30%	50%	80%
Programación de mano de obra directa	30%	60%	80%
Criterios de aceptación	40%	50%	80%
Estandarización de lanzamiento	0%	50%	100%

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

## CAPÍTULO VII ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Análisis de Resultados

### 7.2 Análisis Inferencia

#### 7.2.1 Análisis de la Primera hipótesis específica

*Cuadro 32. Data de scrap para Test de Shapiro-Wilk*

	Scrap (Ton)	
	2019	2020
1	12.26	16.94
2	20.46	10.34
3	20.18	4.83
4	12.08	10.70
5	20.95	5.76
6	24.84	13.21
7	21.91	19.55
8	27.75	9.15

---

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

**Ho:** La aplicación de la metodología 5´S, no mejora la generación de scrap en la Línea 1

**Ha:** La aplicación de la metodología 5´S, mejora la generación de scrap en la Línea 1.

Para poder contratar la hipótesis específica es necesario determinar si los datos de la cantidad de Scrap generados en la línea 1, antes y después de la aplicación de la metodología 5´S, tiene un comportamiento paramétrico teniendo una muestra de 8 datos, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro-Wilk.

### ***Estadígrafo Shapiro-Wilk a Primera hipótesis***

Paso1: Regla de decisión:

**Si:  $p - \text{valor} \leq 0.05$ ,** los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

**Si:  $p - \text{valor} > 0.05$ ,** los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Paso 2: Selección de prueba de normalidad de SW

Paso 3: Establecimiento del nivel de confianza y el nivel de significancia

Nivel de Confianza (NC): 95%

Nivel de Significancia (NS): 5%

Paso 4: Tabla de ponderación

W: 0.902

Paso 5: Valor crítico

Valor Crítico (VC) = Valor de tablas de Shapiro-Wilk con  $n$  y  $\alpha$  conocidos.

VC: 0.818

Paso 6: Decisión

$W < VC$ :  $H_0$  se rechaza

$W > VC$ :  $H_0$  se acepta

W: 0.908 y VC: 0.818

**Cuadro 33. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk**

	Estadístico (W)	N	Significancia ( $\alpha$ )
Scrap actual	0.902	8	0.818
Scrap mejorado	0.954	8	0.818

Fuente: Elaboración propia, con datos de la empresa

Del Cuadro 32, se puede verificar que la significancia de la generación de Scrap antes de la implementación de la metodología 5'S es de 0.902 y después de es de 0.954 resultado que confirma la significancia **0.818** son mayores a 0.05 según la regla de decisión, se confirma que los datos tienen un comportamiento paramétrico o procede de una distribución normal, por ello se utiliza la  $t$  de Student.



### ***Contrastación de hipótesis Prueba t de Student a Primera hipótesis***

Contrastación de la primera hipótesis específica de aplicación de la metodología 5'S.

Paso 1: Formulación de hipótesis

**Ho:** La aplicación de la metodología 5'S, no mejora la generación de scrap en la Línea 1

**Ha:** La aplicación de la metodología 5'S, mejora la generación de scrap en la Línea 1.

Paso 2: Regla de decisión:

$$H_o: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Paso 3: Identificación de Estadístico de Prueba

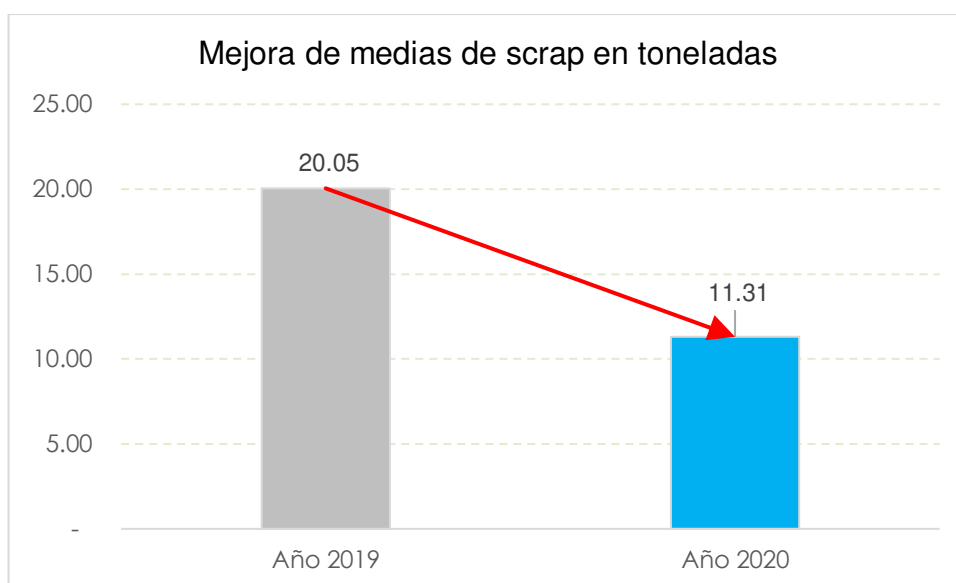
#### ***Cuadro 34. Prueba t de Student para el scrap***

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	20.0538	11.3102
Varianza	30.1481	26.0026
Observaciones	8	8
Coeficiente de correlación de Pearson	0.9576	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	7	
Estadístico t	15.562	
P(T<=t) una cola	0.0000005	
Valor crítico de t (una cola)	2.998	
P(T<=t) dos colas	0.0000011	
Valor crítico de t (dos colas)	3.499	

Fuente: Elaboración propia, con datos de la empresa

#### Paso 4: Conclusión de primera hipótesis.

Del cuadro 33, ha quedado demostrado que la media del scrap inicial antes de la propuesta es de **20.05** siendo mayor a la media de scrap mejorado de la Línea 1 de **11.31** por consiguiente no cumple con  $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$  por esta razón se rechaza la hipótesis nula que la aplicación de la metodología 5'S, no mejora la generación de scrap de la Línea 1 y se acepta la hipótesis alterna, por lo cual queda demostrado que la aplicación de la metodología 5'S, mejora la generación de scrap en la Línea 1.



*Figura 53. Mejora en Producción. Elaboración Propia*

#### 7.2.2 Análisis de la Segunda hipótesis específica

**Cuadro 35. Horas de mantenimiento para Test Shapiro-Wilk**

	Horas	
	2019	2020
1	39.60	50.70
2	23.60	11.10
3	15.00	17.00
4	9.20	20.60
5	24.80	22.00
6	8.00	1.50
7	50.00	15.00
8	36.00	9.00

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

**Ho:** La aplicación de Mantenimiento Autónomo, no mejora la disponibilidad en horas de mantenimiento en Línea 1

**Ha:** La aplicación de Mantenimiento Autónomo, mejora la disponibilidad en horas de mantenimiento en Línea 1.

Para poder contrar la hipótesis específica es necesario determinar si los datos de la cantidad de horas de mantenimiento generados en la línea 1, antes y después de la aplicación de Mantenimiento Autónomo, tiene un comportamiento paramétrico teniendo una muestra de 8 datos, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro-Wilk.

Paso1: Regla de decisión:

**Si:  $p - \text{valor} \leq 0.05$ ,** los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

**Si:  $p - \text{valor} > 0.05$ ,** los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Paso 2: Selección de prueba de normalidad de SW

Paso 3: Establecimiento del nivel de confianza y el nivel de significancia

Nivel de Confianza (NC): 95%

Nivel de Significancia (NS): 5%

#### Paso 4: Tabla de ponderación

W: 0.942

#### Paso 5: Valor critico

Valor Critico (VC) = Valor de tablas de Shapiro-Wilk con  $n$  y  $\alpha$  conocidos.

VC: 0.818

#### Paso 6: Decisión

$W < VC$ :  $H_0$  se rechaza

$W > VC$ :  $H_0$  se acepta

W: 0.942 y VC: 0.818

#### Cuadro 36. *Prueba de normalidad Shapiro-Wilk*

	Estadístico (W)	$n$	Significancia ( $\alpha$ )
Disponibilidad actual	0.942	8	0.818
Disponibilidad mejorada	0.847	8	0.818

Fuente: Elaboración propia, con datos de la empresa

De la tabla, se puede verificar que la significancia de las horas de mantenimiento antes de la implementación del Mantenimiento Autónomo es de 0.942 y después de es de 0.847 resultado que confirma la significancia  $p$  **0.818** son mayores a 0.05 según la regla de decisión, se confirma que los datos tienen un comportamiento paramétrico o procede de una distribución normal, por ello se utiliza el  $t$  de Student.

Contrastación de la primera hipótesis específica de aplicación del Mantenimiento Autónomo.

**Ho:** La aplicación de mantenimiento autónomo, no mejora la disponibilidad expresado en las horas de mantenimiento en Línea 1

**Ha:** La aplicación de mantenimiento autónomo, mejora la disponibilidad expresado en las horas de mantenimiento en Línea 1

Regla de decisión:

$$H_o: \mu Pa \geq \mu Pd$$

$$H_a: \mu Pa < \mu Pd$$

**Cuadro 37. Prueba t de Student para la Disponibilidad**

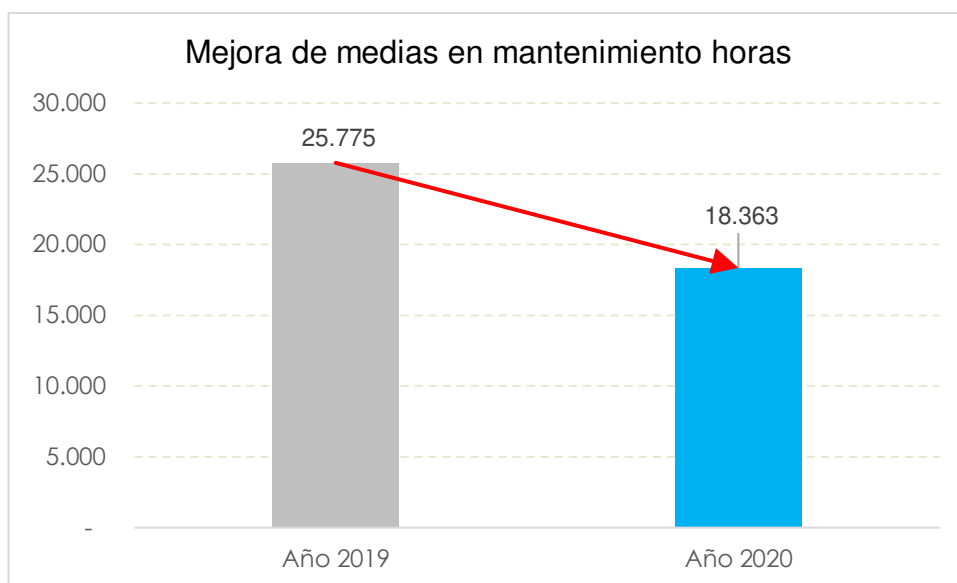
**Prueba t para medias de dos muestras emparejadas**

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	25.775	18.3625
Varianza	227.8564286	214.55125
Observaciones	8	8
Coeficiente de correlación de Pearson	0.903488139	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	7	
Estadístico t	3.201772354	
P(T<=t) una cola	0.007514384	
Valor crítico de t (una cola)	2.997951567	
P(T<=t) dos colas	0.015028769	
Valor crítico de t (dos colas)	3.499483297	

Fuente: Elaboración propia, con datos de la empresa

Del Cuadro 36, ha quedado demostrado que la media de disponibilidad por el número de horas de mantenimiento inicial es de **25.775** siendo mayor a la media de disponibilidad por la reducción de las horas de mantenimiento

aplicando Mantenimiento Autónomo en la Línea 1 de **18.3625** por consiguiente no cumple con  **$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$**  por esta razón se rechaza la hipótesis nula que la aplicación del Mantenimiento Autónomo, no mejora la disponibilidad por las horas de mantenimiento de la Línea 1 y se acepta la hipótesis alterna, por lo cual queda demostrado que la aplicación del Mantenimiento Autónomo mejora la disponibilidad para incrementar la productividad en la Línea 1.



*Figura 54. Mejora en Mantenimiento. Elaboración Propia*

### 7.2.3 Análisis de la Tercera hipótesis específica

*Cuadro 38. Data de rendimientos para Test Shapiro-Wilk*

	RENDIMIENTO (Kg/h)	
	2019	2020
1	763.06	819.76
2	818.83	841.31
3	856.63	842.25
4	831.76	834.40
5	831.66	975.75
6	849.05	826.85
7	792.68	910.98
8	827.04	839.73

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

**Ho:** La aplicación de Equipos Kaizen, no mejora el rendimiento en Línea 1

**Ha:** La aplicación de Equipos Kaizen, mejora el rendimiento en Línea 1

Para poder contratar la hipótesis específica es necesario determinar si los datos de rendimiento generados en la línea 1, antes y después de la aplicación de Equipos Kaizen, tiene un comportamiento paramétrico teniendo una muestra de 8 datos, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro-Wilk.

Paso1: Regla de decisión:

**Si:  $p - \text{valor} \leq 0.05$ ,** los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

**Si:  $p - \text{valor} > 0.05$ ,** los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Paso 2: Selección de prueba de normalidad de SW

Paso 3: Establecimiento del nivel de confianza y el nivel de significancia

Nivel de Confianza (NC): 95%

Nivel de Significancia (NS): 5%

Paso 4: Tabla de ponderación

W: 0.914

Paso 5: Valor critico

Valor Critico (VC) = Valor de tablas de Shapiro-Wilk con  $n$  y  $\alpha$  conocidos.

VC: 0.818

Paso 6: Decisión

$W < VC$ :  $H_0$  se rechaza

$W > VC$ :  $H_0$  se acepta

W: 0.914 y VC: 0.818

**Cuadro 39. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk**

	Estadístico (W)	$n$	Significancia ( $\alpha$ )
Rendimiento actual	0.914	8	0.818
Rendimiento mejorado	0.734	8	0.818

Fuente: Elaboración propia, con datos de la empresa

Del Cuadro 38, se puede verificar que la significancia de los rendimientos antes de la implementación de Equipos Kaizen es de 0.914 y después de es de 0.734 resultado que confirma la significancia **0.818** son mayores a 0.05



según la regla de decisión, se confirma que los datos tienen un comportamiento paramétrico o procede de una distribución normal, por ello se utiliza el t de Student.

Contrastación de la tercera hipótesis específica de aplicación de Equipos Kaizen

**Ho:** La aplicación de Equipos Kaizen, no mejora el rendimiento en Línea 1

**Ha:** La aplicación de Equipos Kaizen, mejora el rendimiento en Línea 1.

Regla de decisión:

$$H_o: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

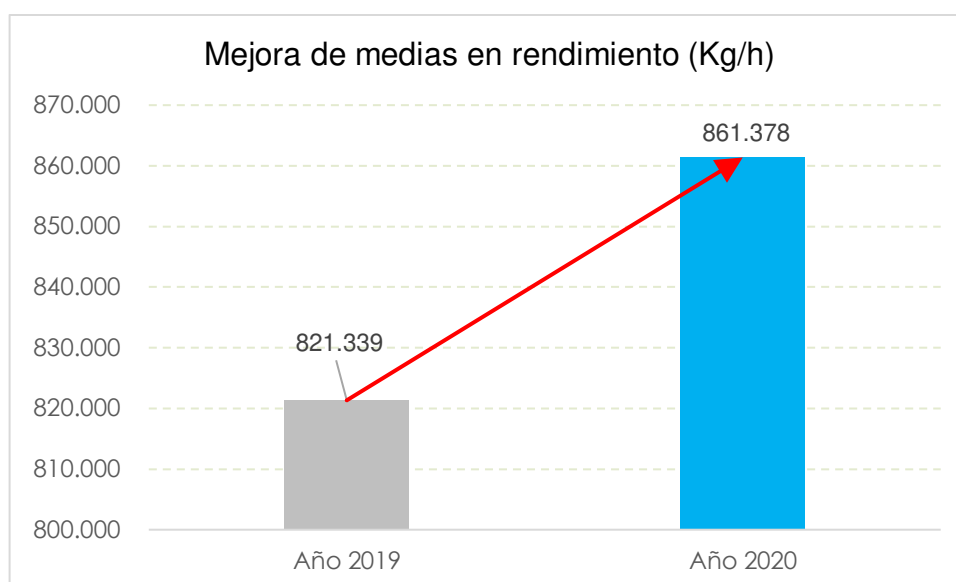
**Cuadro 40. Prueba t de Student para el rendimiento**

**Prueba t para medias de dos muestras emparejadas**

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	821.3387084	861.3775971
Varianza	926.4082539	2918.54622
Observaciones	8	8
Coeficiente de correlación de Pearson	0.726576724	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	7	
	-	
Estadístico t	2.968373978	
P(T<=t) una cola	0.010427893	
Valor crítico de t (una cola)	2.997951567	
P(T<=t) dos colas	0.020855786	
Valor crítico de t (dos colas)	3.499483297	

Fuente: Elaboración propia, con datos de la empresa

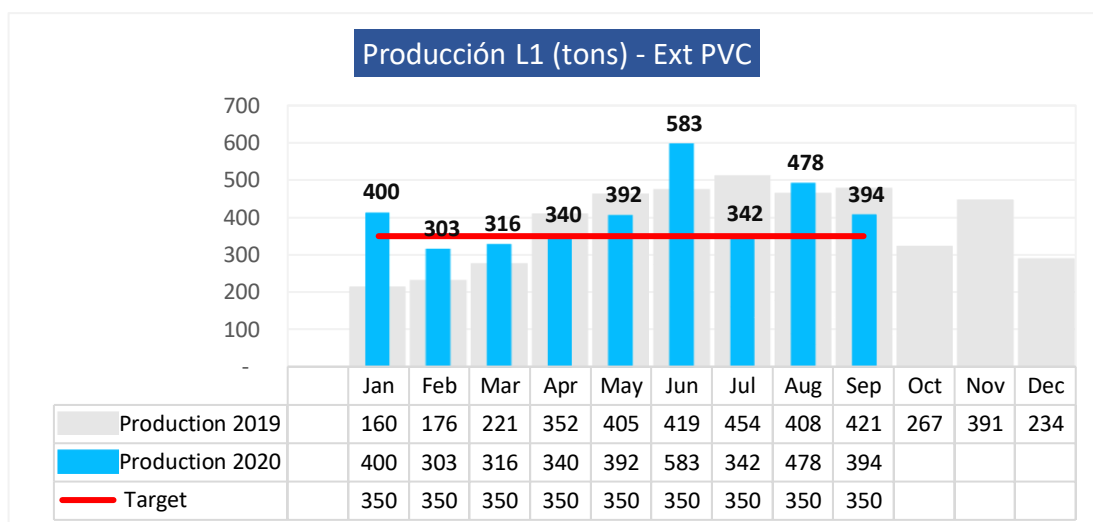
Del Cuadro 39, ha quedado demostrado que la media de rendimientos actual es **821.338** siendo menor a la media de rendimiento luego de la intervención de los equipos Kaizen en la Línea 1 de **861.377** por consiguiente no cumple con  **$H_o: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$**  por esta razón se rechaza la hipótesis nula que la aplicación de la Equipos Kaizen, no mejora los rendimientos de la Línea 1 y se acepta la hipótesis alterna, por lo cual queda demostrado que la aplicación Equipos Kaizen, mejora el rendimiento de la Línea 1.



*Figura 55. Mejora en Rendimiento. Elaboración Propia*

#### **7.2.4 Análisis de la Hipótesis General**

Mediante la propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing. Se logrará mejorar el nivel de producción.



**Figura 56. Producción de Línea 1.** Elaboración Propia

**Cuadro 41. Data de producción para Test Shapiro-Wilk**

	Producción (Ton)	
	2019	2020
1	352	400
2	405	303
3	419	478
4	454	392
5	408	583
6	421	342
7	267	316
8	391	394

Fuente: Elaboración Propia, con datos de la empresa

**Ho:** La propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing, no mejora la producción.

**Ha:** La propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing, mejora la producción.

Para poder contratar la hipótesis general es necesario determinar si los datos de producción generados en la Línea 1, antes y después de la aplicación La propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing, tiene un comportamiento paramétrico teniendo una muestra de 8 datos, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro-Wilk.

Paso1: Regla de decisión:

**Si:  $p - \text{valor} \leq 0.05$** , los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

**Si:  $p - \text{valor} > 0.05$** , los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Paso 2: Selección de prueba de normalidad de SW

Paso 3: Establecimiento del nivel de confianza y el nivel de significancia

Nivel de Confianza (NC): 95%

Nivel de Significancia (NS): 5%

Paso 4: Tabla de ponderación

W: 0.815

Paso 5: Valor critico

Valor Critico (VC) = Valor de tablas de Shapiro-Wilk con n y  $\alpha$  conocidos.

VC: 0.818

### Paso 6: Decisión

$W < VC$ :  $H_0$  se rechaza

$W > VC$ :  $H_0$  se acepta

W: 0.914 y VC: 0.818

**Cuadro 42. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk a Producción**

	Estadístico (W)	<i>n</i>	Significancia ( $\alpha$ )
Producción actual	0.851	8	0.818
Producción mejorada	0.915	8	0.818

Fuente: Elaboración propia, con datos de la empresa

Del Cuadro 41, se puede verificar que la significancia de la producción antes de la propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing, es de 0.815 y después es de 0.915 resultado que confirma la significancia **0.818** son mayores a 0.05 según la regla de decisión, se confirma que los datos tienen un comportamiento paramétricos o procede de una distribución normal, por ello se utiliza el t de Student.

Contrastación de la hipótesis General de la propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing.

**Ho:** La propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing, no mejora la producción en la Línea 1

**Ha:** La propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing, mejora la producción en la Línea 1

Regla de decisión:

$$H_o: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

**Cuadro 43. Prueba t de Student a Producción**

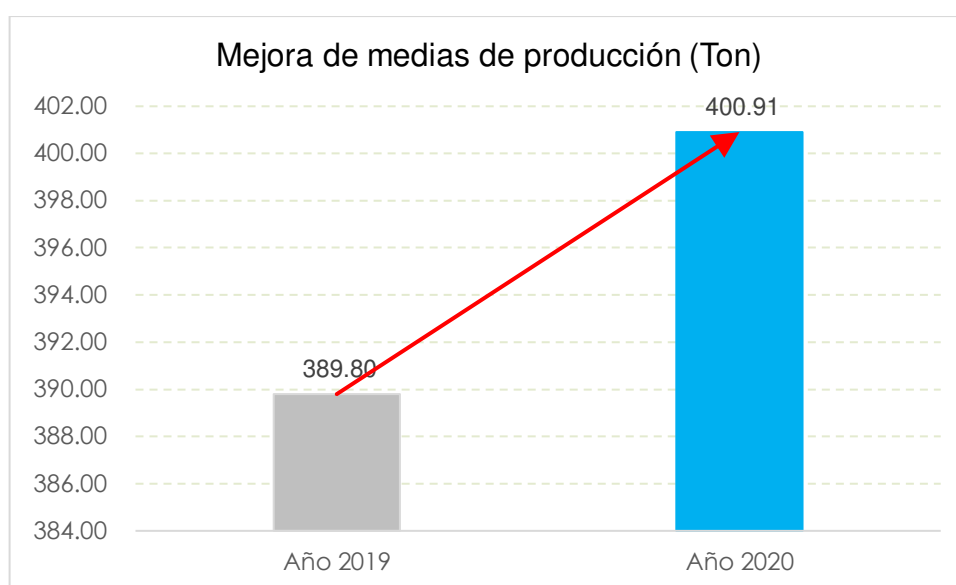
**Prueba t para medias de dos muestras emparejadas**

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	389.7981494	400.9074313
Varianza	3304.19994	8517.715658
Observaciones	8	8
Coeficiente de correlación de Pearson	0.358451707	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	7	
	-	
Estadístico t	0.350897317	
P(T<=t) una cola	0.367994329	
Valor crítico de t (una cola)	2.997951567	
P(T<=t) dos colas	0.735988659	
Valor crítico de t (dos colas)	3.499483297	

Fuente: Elaboración propia, con datos de la empresa

Del Cuadro 42, ha quedado demostrado que la media de la producción actual es **389.798** siendo menor a la media de producción con la aplicación de la propuesta aplicando herramientas Lean Manufacturing, mejora la

productividad en la Línea 1 que es de **400.907** por consiguiente no cumple con  **$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$**  por esta razón se rechaza la hipótesis nula que la aplicación de la propuesta, no mejora la productividad de la Línea 1 y se acepta la hipótesis alterna, por lo cual queda demostrado que la aplicación de la propuesta, mejora significativamente la productividad en la Línea 1. mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing, mejora la producción en la Línea 1



**Figura 57. Mejora de Producción.** Elaboración propia

## CONCLUSIONES

**Conclusión 1:** Se observa que existe una diferencia de medias de la producción en la Línea 1, antes **389** toneladas y después de **400** toneladas, con un nivel de significancia de 0.0006 el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, de este resultado se concluye que la Propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa-Perú aplicando herramientas Lean Manufacturing, **influye positivamente** en la mejora el nivel de la producción.

**Conclusión 2:** La media aritmética antes de la aplicación de la metodología 5's para mejorar la generación del scrap en la Línea 1 es de **20.0538** toneladas, con un nivel de significancia 0.00005; la media aritmética después de la aplicación de la metodología 5's para mejorar la generación del scrap en la Línea 1 es de **11.3102** toneladas, con una desviación estándar de 0.00001, evidenciando mejora. Por lo tanto, de este resultado se concluye que la Propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa-Perú, aplicando la Metodología 5's. Influye positivamente en la mejora del nivel de scrap en la Línea 1.

**Conclusión 3:** La media aritmética antes de la aplicación de Mantenimiento Autónomo para mejorar la disponibilidad expresado en reducir las horas de mantenimiento de la Línea 1 es de **25.775** horas, con una desviación estándar de 0.007; la media aritmética después de la aplicación de Mantenimiento Autónomo para mejorar la disponibilidad expresado en horas de mantenimiento de la Línea 1 es de **18.3625** horas, con una desviación estándar de 0.015, evidenciando mejora. Por lo tanto, de este resultado se



concluye que la Propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa-Perú, aplicando de Mantenimiento Autónomo para mejorar la disponibilidad expresado en horas de mantenimiento en la Línea 1. Influye positivamente en la mejora del nivel de disponibilidad en horas de mantenimiento de la Línea 1.

**Conclusión 4:** Se observa que la media antes de la aplicación de Equipos Kaizen para mejorar el rendimiento en la Línea 1 es de **821.3385** Kg/h, con una desviación estándar de 0.01; la media después de la aplicación de Equipos Kaizen para mejorar el rendimiento en la Línea 1 es de **861.3775** Kg/h, con una desviación estándar de 0.02, observándose la mejora. Por lo tanto, de este resultado se concluye que la Propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa-Perú, aplicando Equipos Kaizen para mejorar el rendimiento. Influye positivamente en mejorar el nivel de productividad de la Línea 1.

## RECOMENDACIONES

**Recomendación 1:** Se recomienda la aplicación de la Propuesta de mejora de procesos productivos en una fábrica de tubos plásticos en Arequipa-Perú aplicando herramientas Lean Manufacturing, en las siete líneas de producción de la fábrica. Debido a que la aplicación en la línea 1, ha mejorado sus indicadores de productividad.

**Recomendación 2:** La Aplicación de la metodología 5'S, se recomienda replicar en el mediano plazo en las siete líneas de la fábrica y a largo plazo a toda la organización, las áreas de apoyo y en especial a las áreas administrativas.

**Recomendación 3:** La Aplicación de Mantenimiento Autónomo ha evidenciado mejora en productividad. Se recomienda la implementación de un presupuesto orientado a cumplir las solicitudes que se inician por las actividades de inspección y limpieza por parte de los trabajadores de manera que mejora la participación del personal y el desarrollo de sus conocimientos y habilidades. Como consecuencia se reduce los tiempos en la implementación de mejoras y proyectos.

**Recomendación 4:** Se recomienda implementar un sistema informático para consolidar los eventos, registrar las propuestas, ampliar las discusiones y dar soporte de desempeño a las acciones de los Equipos Kaizen, con ello se lograría la sostenibilidad de la información.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**Acevedo, A., Cachay, O., Linares, C., (2017).** *Enfoque de productividad y mejora en el ingeniero industrial de San Marcos. Estudio exploratorio para competitividad de categoría mundial.* Revista Industrial Data 20(1) 95-104 (2017). Recuperado de:  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/13502/11946>

**Bernardino, J., Vargas, J., (2017).** *Manufacturing operation transfer from USA to Mexico. Case study.* Revista de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima. Doi 10.26439/ing.ind2017.n035.1799  
 Recuperado de:  
[https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/view/1799](https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/1799)

**Cámara de Comercio e Industria de Arequipa (2019).** *Informe de indicadores económicos de enero 2019 Arequipa-Perú*

**Chase, R., (2009).** *Administración de Operaciones Producción y Cadena de suministros.* Editorial Mc Graw Hill Ciudad de México - México.

**D'Alessio, F., (2012).** *Administración de las Operaciones Productivas un enfoque en procesos para la gerencia.* Editorial Pearson Ciudad de México - México.

**Christopher, A., (2010).** *Administración de Operaciones con enfoque en el cliente.* Editorial Mc Graw Hill Ciudad de México - México.

**Hernández, J., Vizán A. (2013).** *Lean Manufacturing, conceptos, técnicas e implementación.* Edit. Escuela de Organización Industrial, Madrid-España.

**Livia, D., Molinari A., (2018).** *La relación entre productividad y los salarios en el sector manufacturero peruano* (trabajo de investigación de maestría) Universidad del Pacífico. Lima-Perú.

**Madariaga, F. (2013).** *Lean Manufacturing: Exposición Adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos.* Edit. Bubok, Madrid-España.

**Ministerio de la Producción (2019).** *Boletín de información manufacturera del mes de diciembre 2019.* Lima-Perú

**Ministerio de Trabajo (2020).** *Indicadores del Ministerio de trabajo de enero 2020.* Lima- Perú

**Rosas, M., Perez E., (2018).** *Optimización de los costos de muestreo en la manufactura de shampoo y acondicionador.* Revista de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima. Doi 10.26439/ing.ind2018.n036.2452 Recuperado de: [https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/view/2452](https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/2452)

**Pachas, J., (2019).** *Aplicación de un programa de mejora continua utilizando Manufactura Esbelta (Lean manufacturing) en el nivel de gestión del proceso de cartonera de la empresa la Calera en la*

*provincia de Chincha peruano* (tesis de maestría) Universidad Ricardo Palma. Lima-Perú.

**Perea, H., (2020).** Análisis Regional BBVA.

<https://www.bbva.com/es/peru-la-importancia-del-crecimiento-economico/> (consultado el 01 de abril 2020).

**Ramos, F., (2018).** *Método basado en gestión por procesos para mejorar la productividad y calidad del área de planta de una empresa de bebidas en la ciudad de Arequipa* (tesis de maestría) Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa-Perú.

**Socconini, L., (2019).** *Lean Manufacturing paso a paso*, Marge books, Barcelona-España.

## ANEXOS

### Anexo 1 Guía del Auditor y evaluación inicial y final, metodología 5's.

Guía para el Auditor		
<i>Distinguir lo necesario de lo no necesario</i>		
Ganar espacio (Seleccionar)	1	Deben tener un listado de herramientas PUBLICADO indicando a qué proceso corresponden. Se muestrean 2 procesos o zonas de trabajo al azar en cada check, procurando cubrir el 100% de procesos en meses consecutivos.
	2	Si encuentra un objeto que no aparece en la lista de necesarios, CONSULTAR con un trabajador para verificar si el error es en la lista (actualización) o en la ubicación del objeto e incluirlo en
	3	Observar los objetos que se encuentran en uso en la zona de trabajo. CONSULTAR si estos funcionan correctamente. Anotar qué objetos deteriorados se encontraron en campo y tomar fotografías
	4	Cada almacén / zona de almacén / cuenta debe definir una zona en donde colocará los objetos malogrados, deteriorados, no necesarios, llamada zona de tarjeta ROJA.
	5	Consultar con personal en piso al azar sobre qué acciones toma cuando encuentra algún objeto innecesario o se malogra un necesario. Anotar sus datos.
	6	Los líderes 5S deben saber qué acciones tomar cuando se detecten nuevos innecesarios en su área de trabajo. Desde la detección del objeto hasta la acción, no debe transcurrir más de 1 semana.
<i>Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar</i>		
ordenar	1	Cada objeto que se utiliza en un área debe tener designada una ubicación. El letrero que indica el inventario de objetos (punto 1) debería incluir en qué lugar va cada uno

	2	Los lugares donde se ubica cada cosa deben estar claramente delimitados y debe ser sencillo para cualquier persona entender en dónde va cada cosa.
	3	Indicar qué objetos, tomar fotografías, indicar lugar, hora, persona responsable del área.
	4	Cuando hay cambio de turno o se paren las actividades por almuerzos u otras actividades, cada líder 5S debe velar porque cada cosa vuelva a su lugar
	5	Evidenciar si están ordenados y clasificados, y con los rótulos estándar para archivadores
	6	Que los cajones tengan un stiker o letrero de la documentación que se guarda cuando sea necesario
	7	Las áreas alrededor de los extintores deben permanecer libres de obstáculos de manera que sean fácilmente utilizables en caso de emergencia

***No limpiar más, si no evitar que se ensucie***

limpiar	1	Revisar zonas en donde los procesos han finalizado.
	2	La operación debe evitar las fuentes de contaminación del área de trabajo y evitar la acumulación de objetos innecesarios sin mantenimiento que pudieran constituir una guarida para animales y/o insectos.
	3	Consultar con el personal si conocen este programa. Tomar nota de la persona entrevistada
	4	
	5	Consultar con el personal si conocen este programa. Tomar nota de la persona entrevistada.
	6	Verificar si el personal está entrenado en cuanto a la disposición de residuos por tipo, por zona y con una periodicidad suficiente

***Todo siempre igual***

estandarizar	1	
	2	El equipo de almacén debe tener definidos sus líderes 5S, quienes serán responsables de mantener el conocimiento de todos los colaboradores de sus equipos.
	3	
	4	
<b>Crear Hábito</b>		
sostener	1	Consultar aleatoriamente a personal del área, qué entienden por las 5S, cuál es su rol, quiénes son los líderes de su área. Verificar cómo se alinea al personal NUEVO.
	2	Verificar que se publiquen los resultados de las auditorías mensuales de 5S y consultar al personal si sabe cuál es el resultado vigente de sus auditorías.
	3	Los listados de objetos necesarios para cada proceso y sus respectivas ubicaciones definidas deben actualizarse cuando sea necesario de manera que se adecúen a nuevas necesidades de la operación.



		<b>Auditoría 5's</b>		Código	
				Revisión	

<b>Operación auditada</b>	Producción	<b>Escala de calificación:</b> No cumple 0 Cumple parcialmente 1 Cumple 2
<b>Área auditada</b>	Línea 1 PVC	
<b>Responsable del área</b>	Alejandro H	
<b>Auditado por</b>	Heriberto Reyes	
<b>Fecha</b>		

N°	Detalle	Puntaje	Comentario
<b>Distinguir lo necesario de lo no necesario</b>		<b>2</b>	<b>16.7%</b>
1	¿Cuenta con una lista de NECESARIOS para su zona de trabajo y esta publicada?	1	
2	¿Existen objetos innecesarios en el área de trabajo?	0	
3	¿Existen objetos necesarios inoperativos o deteriorados?	0	
4	¿Se ha definido una zona para colocar nuevos innecesarios (zona de tarjeta ROJA)?	1	
5	¿El personal sabe qué hacer en caso de detectar un objeto innecesario en su área de trabajo?	0	
6	¿Se gestiona la zona de tarjeta roja?	0	
<b>Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar</b>		<b>7</b>	<b>50.0%</b>
1	¿Se ha definido un lugar específico para cada NECESARIO?	1	
2	¿Se tiene rotulado/ marcado/ diferenciado el lugar para cada NECESARIO?	1	
3	¿Hay objetos ubicados fuera de su lugar establecido? (evaluar solamente los objetos que no están en uso)	1	
4	Después de su uso, ¿cada cosa vuelve a su lugar?	1	
5	¿Los archivos, files de documentos se encuentran ordenados y rotulados de acuerdo al estándar?	1	
6	¿Los cajones, bandejas con documentos y otros lugares para guardar objetos se encuentran rotulados adecuadamente?	1	
7	¿Se respetan las zonas achuradas alrededor de los extintores?	1	
<b>No limpiar mas, si no evitar que se ensucie</b>		<b>5</b>	<b>41.7%</b>
1	¿Los pisos y superficies se encuentran limpios y libres de residuos?	1	
2	¿Existen fuentes de contaminación (derrames, ventanas abiertas o sin protección, etc.) en el área?	2	
3	¿Se conocen los programas de limpieza del Área de Saneamiento y se da seguimiento al cumplimiento de los mismos?	1	
4	¿Los horarios y programas de limpieza estan publicados?	0	
5	¿Se conocen los programas de mantenimiento preventivo del área y se da seguimiento al cumplimiento de los mismos?	0	
6	¿La disposición de residuos se realiza adecuadamente en periodos suficientes para evitar acumulación?	1	
<b>Todo siempre igual</b>		<b>1</b>	<b>12.5%</b>
1	¿Los pasillos se encuentran numerados? ¿Hay letreros que diferencian áreas específicas del almacén?	0	
2	¿Se cuenta con un plan de capacitaciones y/o charlas sobre el programa de 5S?	0	
3	Los letreros se encuentran estandarizados en forma y tamaño	1	
4	Existen Tablero de Control Visual donde se publican los indicadores operativos más importantes	0	
<b>Crear Hábito</b>		<b>1</b>	<b>16.7%</b>
1	¿El personal conoce las 5S, a los líderes del área, así como las actividades y zonas de las que es responsable?	1	
2	¿El personal conoce los resultados de las auditorías 5S en su área de trabajo?	0	
3	Las listas de necesarios y de ubicación de cada cosa ¿han sido correctamente actualizadas?	0	
<b>Puntaje Total</b>		<b>16.00</b>	
total preguntas		26	% 30.8%

		Auditoría 5's		Código	
				Revisión	
Operación auditada		Producción		<b>Escala de calificación:</b>	
Área auditada		Línea 1 PVC		No cumple 0	
Responsable del área		Alejandro H		Cumple parcialmente 1	
Auditado por		Heriberto Reyes		Cumple 2	
Fecha					
N°	Detalle	Puntaje	Comentario		
<b>Distinguir lo necesario de lo no necesario</b>		<b>11</b>	<b>91.7%</b>		
1	¿Cuenta con una lista de NECESARIOS para su zona de trabajo y esta publicada?	2			
2	¿Existen objetos innecesarios en el área de trabajo?	2			
3	¿Existen objetos necesarios inoperativos o deteriorados?	1			
4	¿Se ha definido una zona para colocar nuevos innecesarios (zona de tarjeta ROJA)?	2			
5	¿El personal sabe qué hacer en caso de detectar un objeto innecesario en su área de trabajo?	2			
6	¿Se gestiona la zona de tarjeta roja?	2			
<b>Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar</b>		<b>10</b>	<b>71.4%</b>		
1	¿Se ha definido un lugar específico para cada NECESARIO?	2			
2	¿Se tiene rotulado/ marcado/ diferenciado el lugar para cada NECESARIO?	1			
3	¿Hay objetos ubicados fuera de su lugar establecido? (evaluar solamente los objetos que no están en uso)	2			
4	Después de su uso, ¿cada cosa vuelve a su lugar?	1			
5	¿Los archivos, files de documentos se encuentran ordenados y rotulados de acuerdo al estándar?	1			
6	¿Los cajones, bandejas con documentos y otros lugares para guardar objetos se encuentran rotulados adecuadamente?	1			
7	¿Se respetan las zonas achuradas alrededor de los extintores?	2			
<b>No limpiar mas, si no evitar que se ensucie</b>		<b>11</b>	<b>91.7%</b>		
1	¿Los pisos y superficies se encuentran limpios y libres de residuos?	2			
2	¿Existen fuentes de contaminación (derrames, ventanas abiertas o sin protección, etc.) en el área?	2			
3	¿Se conocen los programas de limpieza del Área de Saneamiento y se da seguimiento al cumplimiento de los mismos?	2			
4	¿Los horarios y programas de limpieza estan publicados?	2			
5	¿Se conocen los programas de mantenimiento preventivo del área y se da seguimiento al cumplimiento de los mismos?	2			
6	¿La disposición de residuos se realiza adecuadamente en periodos suficientes para evitar acumulación?	1			
<b>Todo siempre igual</b>		<b>8</b>	<b>100.0%</b>		
1	¿Los pasillos se encuentran numerados?	2			
2	¿Hay letreros que diferencian áreas específicas del almacén?	2			
3	¿Se cuenta con un plan de capacitaciones y/o charlas sobre el programa de 5S?	2			
4	Los letreros se encuentran estandarizados en forma y tamaño	2			
5	Existen Tablero de Control Visual donde se publican los indicadores operativos más importantes	2			
<b>Crear Hábito</b>		<b>5</b>	<b>83.3%</b>		
1	¿El personal conoce las 5S, a los líderes del área, así como las actividades y zonas de las que es responsable?	2			
2	¿El personal conoce los resultados de las auditorías 5S en su área de trabajo?	1			
3	Las listas de necesarios y de ubicación de cada cosa ¿han sido correctamente actualizadas?	2			
<b>Puntaje Total</b>		<b>45.00</b>			
total preguntas		26	<b>%</b>	<b>86.5%</b>	

## Anexo 2 Frecuencia de actividades en el plan de mantenimiento.

<b>LINEA 1</b>	
<b>Extrusora</b>	
Cambio de aceite	c/año ó c/6 000 horas
Cambio de filtro de aceite	por requerimiento
Cambio de rodamientos y reten a motor de bomba hidráulica	c/año ó c/6 000 horas
Cambio de rodamientos a motores principales ( prox en 201	c/12 000 horas
Cambio de rodamientos a motor aspirador ( Kosh)	c/año ó c/6 000 horas
Limpiar filtro en tolva de alimentacion de material	c/1 500 horas
Llenado de aceite y limpieza en unidad de mantenimiento	c/1 000 horas
Cambio de rodamientos a motor ventilador de motor principal	c/12 000 horas
Cambio de rodamientos a bomba de vacio	c/año ó c/6 000 horas
Cambio de rodamientos a motor dosificador	c/12 000 horas
Cambio de rodamientos a motores ventiladores de camiseta	por requerimiento
Revisión de manivelas del cabezal RK24	c/año ó c/6 000 horas
<b>Tina de calibración</b>	
Cambio de rodamientos e inspeccion de sello mecánico en tina	c/año ó c/6 000 horas
Cambio de rodamientos e inspeccion de sello mecánico en tina	c/año ó c/6 000 horas
Cambio de rodamientos e inspeccion de sello mecánico en tina	c/año ó c/6 000 horas
Cambio de rodamientos e inspeccion de sello mecánico en tina	c/año ó c/6 000 horas
<b>Tina de enfriamiento</b>	
Cambio de rodamientos en motores de bombas e inspección	c/año ó c/6 000 horas
<b>Tren de arrastre</b>	
Cambio de Rodamientos a Motores de Reductores (proximo	c/ 12 000 horas
Cambio de aceite y retenes en cajas reductoras de velocidad	c/ 12 000 horas
Cambio de oruga de arrastre	Por requerimiento
Lubricar cadena en oruga de arrastre	c/año ó c/ 6 000 horas
Llenado de aceite y limpieza en unidad de mantenimiento	c/ 1 000 horas
<b>Circular</b>	
Cambiar fajas	Por requerimiento
Cambiar rodamientos de poleas guías	c/año ó c/ 6 000 horas
Cambiar aceite hidraulico	c/año ó c/ 6 000 horas
Cambiar rodamientos del motor accionador de fajas	c/año ó c/ 6 000 horas
Cambiar rodamientos de eje de disco y fresa	c/año ó c/ 6 000 horas
Cambio de rodamientos en motor aspirador de viruta	c/año ó c/ 6 000 horas
Realizar lubricación de partes móviles	c/ 1 500 horas
Llenado de aceite y limpieza en unidad de mantenimiento	c/ 1 000 horas
<b>Acampanadora</b>	
Cambio de aceite en sistema hidráulico Tellus 46	c/año ó c/ 6 000 horas
Cambio de rodamientos en motor de bomba hidráulica (pro	c/ 12 000 horas
Limpieza de intercambiador de calor	c/año ó c/ 6 000 horas
Cambiar rodamiento en motor enfriador de campana	c/año ó c/ 6 000 horas
Cambiar rodamientos en motor de rotación de tubería	c/año ó c/ 6 000 horas
Cambiar rodamientos de rodillo superior de movimiento de	c/año ó c/ 6 000 horas
Cambiar rodamiento de motor de traslación de tubería en m	c/año ó c/ 6 000 horas
Cambiar rodamiento en motor oruga de arrastre	c/año ó c/ 6 000 horas
Realizar lubricación de mecanismos, cadena de mesa y oruga	c/ 6 000 horas
Llenado de aceite en unidad de mantenimiento	c/ 1 000 horas
Cambiar rodamientos en motor de movimiento de horno	Por requerimiento
Cambiar rodamientos en motor de plano móvil	Por requerimiento